

Hans Leibundgut

Europäische Urwälder der Bergstufe

Haupt

Donat Agost

II. 83

Uster

Hans Leibundgut Europäische Urwälder der Bergstufe

Europäische Urwälder der Bergstufe

Sammlung der Europäischen Bergstufen
und der Bergstufe der Alpen

Verlag Hans Leibundgut

Hans Leibundgut
em. o. Professor für Waldbau an der
Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich

Europäische Urwälder der Bergstufe

dargestellt für Forstleute, Naturwissenschaftler
und Freunde des Waldes

Verlag Paul Haupt Bern und Stuttgart

Publiziert mit Unterstützung des Schweizerischen Nationalfonds
zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung

Auflage: 1200 Exemplare

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Leibundgut, Hans

Europäische Urwälder der Bergstufe:
dargestellt für Forstleute, Naturwissenschaftler und Freunde des Waldes

Hans Leibundgut

Bern; Stuttgart: Haupt, 1982

ISBN 3-258-03166-5

Alle Rechte vorbehalten

Copyright© 1982 by Paul Haupt Berne

Printed in Switzerland

Vorwort

Die Problemstellungen und Forschungsmethoden des landwirtschaftlichen Pflanzenbaus haben anfänglich das waldbauliche Denken stark beeinflusst. Der Urwaldforschung wurde daher vonseiten des Waldbaus während langer Zeit nur eine bescheidene Bedeutung beigemessen. Eine deutliche Wandlung ist erst seit dem letzten Weltkrieg festzustellen, wozu von der Waldbausektion des Internationalen Verbandes forstlicher Forschungsanstalten (IUFRO) unterstützte Empfehlungen wesentlich beigetragen haben. Vor allem stützten sich diese Empfehlungen auf die folgende, im Waldbauunterricht an unserer Hochschule vertretene Auffassung, wonach die aussergewöhnlich langen forstlichen Produktionszeiträume eine weitgehende Beschränkung der waldbaulichen Kosten auf unumgängliche, wertvermehrnde Massnahmen bedingen. Eine Ertragssteigerung sollte daher womöglich durch die Ausnützung und zweckmässige Lenkung natürlicher, also kostenlos verlaufender biologischer Vorgänge angestrebt werden, was eine gute Kenntnis aller natürlichen Beziehungen, Vorgänge und Abläufe im Leben des Waldes voraussetzt. Als ideales Forschungsobjekt zur Abklärung dieser Zusammenhänge erweist sich der allein unter natürlichen Einflüssen stehende Wald, also der Urwald. Diese Auffassungen haben mich seit über dreissig Jahren zu Urwaldforschungen veranlasst.

Verschiedene Aufträge als forstlicher Gutachter in Ost- und Südosteuropa erleichterten diese Forschungen erheblich. So fand ich auf Einladung der Regierung Jugoslawiens bereits im Jahre 1947 Gelegenheit, Wälder dieses Landes und einige seiner Urwaldreservate kennen zu lernen. Auf Wunsch der jugoslawischen Behörden wurden mir dann von der FAO in den Jahren 1951, 1952, 1953, 1957 und 1958 weitere Aufträge zur forstlichen Beratung erteilt, was mir ermöglichte, alle Waldgebiete Jugoslawiens zu besuchen und mit dessen Forstleuten freundschaftliche Verbindungen einzugehen, denen ich eine grosszügige Unterstützung bei unseren Urwaldforschungen verdanke. Darin liegt auch begründet, weshalb sich unsere späteren Untersuchungen über den Aufbau und den Lebenslauf europäischer Urwälder hauptsächlich auf Jugoslawien erstreckten, nachdem wir

bereits im Jahre 1948 Urwalduntersuchungen im tschechoslowakischen Urwald von Dobroč begonnen hatten.

Im Jahre 1956 übertrag mir die FAO die wissenschaftliche Leitung eines in der Tschechoslowakei durchgeführten internationalen Seminars über den Waldbau in reinen und gemischten Beständen, was mir Gelegenheit bot, auch weitere Urwaldreservate dieses Landes kennen zu lernen. Schliesslich erlaubten Aufenthalte in Polen, der Türkei, Finnland, Griechenland und Ungarn und der Besuch von Waldreservaten in Österreich, Deutschland und anderen Ländern einen Gesamtüberblick über alle grösseren Urwaldreste Europas zu gewinnen. Reisen in Nordamerika und Kanada ermöglichten zudem wertvolle Vergleiche der dortigen Urwälder mit unseren europäischen.

Obwohl sich unser Interesse keineswegs nur auf Tannen-Buchen-Urwälder beschränkt, erstrecken sich die Untersuchungen aus folgenden Gründen hauptsächlich auf diese.

Tannen-Buchen-Urwälder sind in Mittel-, Ost- und Südosteuropa noch reichlich vorhanden, was umfassende Erhebungen und Vergleiche ermöglicht. Ausserdem handelt es sich um Wälder mit den drei in Mittel- und Osteuropa wichtigsten Wirtschaftsbaumarten, der Fichte, Tanne und Buche. Diese Wälder eignen sich – abgesehen von den in Mitteleuropa praktisch fehlenden unberührten Laubmischwäldern – zudem besonders gut zum Studium waldbaulich wichtiger Probleme wie der natürlichen Verjüngungsvorgänge, des Baumartenwechsels, der Wettbewerbsverhältnisse und der Entwicklungsdynamik.

Bei allen Arbeiten und Aufnahmen im Walde wurden wir vom Forstdienst und Kollegen der betreffenden Länder in jeder überhaupt denkbaren Weise unterstützt. Es wurden uns kostenlos Gehilfen, Reitpferde, Motorfahrzeuge und Unterkünfte zur Verfügung gestellt, wertvolle Auskünfte vermittelt und Unterlagen übersetzt. Es wäre kaum möglich, eine vollständige Liste der Namen aller Personen aufzustellen, denen ich zu Dank verpflichtet bin. Ihnen allen, wie den zahlreichen Gehilfen, welche bei den Aufnahmen jeweils mitgewirkt haben, möchte ich bestens danken. Ganz besonderen Dank aber schulde ich Frau Vreni Kasser für die mühsamen zeichnerischen Arbeiten in unwegsamen Bergwäldern, Herrn Christian Guler für die Messung der vielen Tausend Bohrspäne und die rechnerischen Arbei-

ten, Herrn Paul *Jager* für die statistischen Arbeiten, Herrn Bruno *Keller* für die grafischen Darstellungen und nicht zuletzt Frau Lisa *Launer* für die zuverlässige Reinschrift der Tabellen und des Manuskriptes und meiner Frau für die Durchsicht der Korrekturabzüge.

Schliesslich ist hervorzuheben und zu verdanken, dass die vorliegenden Untersuchungen finanziell durch den *Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung* grosszügig unterstützt und überhaupt ermöglicht wurden.

Die aus über dreissigjähriger Arbeit hervorgegangene Abhandlung gliedert sich in einen wissenschaftlichen Textteil und einen selbständigen Bildteil. Die Bildtexte sind derart abgefasst, dass sie keine besonderen Fachkenntnisse voraussetzen und jedem am Wald Interessierten das Wesen europäischer Urwälder erschliessen.

Hans Leibundgut

Inhalt

1 Über Urwälder und Urwaldforschung

1.1	Zum Begriff «Urwald»	11
1.2	Zweck und Probleme der Urwaldforschung	13
1.3	Heutige Verbreitung der europäischen Tannen-Buchen-Urwaldreste	16
1.4	Methodik der Struktur- und Zuwachsanalyse von Urwäldern	19

2 Aufbau und Lebenslauf von Tannen-Buchen-Urwäldern

2.1	Der <i>Urwald Peručica</i>	27
2.11	Allgemeine Waldbeschreibung	27
2.12	Beschreibung der Probeflächen	32
2.13	Untersuchungsergebnisse	39
2.2	Der <i>Urwald Dobroč</i>	65
2.21	Allgemeine Waldbeschreibung	65
2.22	Beschreibung der Probeflächen	67
2.23	Untersuchungsergebnisse	78
2.3	Der <i>Urwald Pečka</i>	90
2.31	Allgemeine Waldbeschreibung	90
2.32	Beschreibung der Probeflächen	91
2.33	Untersuchungsergebnisse	94
2.4	Der <i>Urwald Kubany</i>	109
2.41	Allgemeine Waldbeschreibung	109
2.42	Untersuchungsergebnisse	111
2.5	Der <i>Urwald Derborence</i>	119
2.51	Allgemeine Waldbeschreibung	119
2.52	Beschreibung der Abteilungen und Probeflächen	121
2.53	Untersuchungsergebnisse	145
2.6	<i>Untersuchungen über Einzelfragen</i>	164
2.61	Altersanalyse einer Buchendickung im Urwald Peručica	164
2.62	Höhen- und Durchmesserwachstum von Buchen im Urwald Peč	165

2.63	Durchmesserverteilung von Buchenbeständen im Urwald Kukavica	166
2.64	Der Schlankheitsgrad von Urwaldbäumen	169
3	Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse und Folgerungen für den Waldbau	
3.1	Die Untersuchungsergebnisse	173
3.2	Waldbauliche Folgerungen	184
	Literaturangaben	191
	Bildteil	195

1 Über Urwälder und Urwaldforschung

1.1 Zum Begriff «Urwald»

Unter «Urwald» stellt man sich wohl vorerst einen vom Menschen unberührten Wald mit riesigen Bäumen, grossen Holzvorräten, einem schwer begehbaren Unterholz und vielen stehenden und liegenden Baumleichen vor. Diese Vorstellung mag zum Teil vor allem für einzelne Typen tropischer Urwälder gelten, keinesfalls aber allgemein für die Urwälder der gemässigten Klimazone und des Nordens. Hier bestocken oft reine oder wenig gemischte, gleichförmige und einschichtige Urwaldbestände grosse Flächen. Ausgedehnte Schäden durch Sturm, Schnee, Waldbrand, Insekten oder Pilzkrankheiten haben nicht selten die Entstehung von Anfangswäldern aus Birken, Aspen, Föhren und anderen Lichtbaumarten zur Folge, in welchen sich erst mit der Zeit je nach den örtlichen Standortverhältnissen schatten-ertragende Baumarten und Sträucher einstellen. Mit den Arten des Anfangswaldes bilden die Schattenbaumarten vorerst einen zweischichtigen, später einen stufigen Übergangswald, in dem die lichtbedürftigen Arten mehr und mehr ausscheiden, so dass schliesslich ein durch das Klima bedingter Schlusswald aus den schattenertragenden Baumarten übrig bleibt.

Es stellt sich die Frage, ob die Anfangs- und Übergangsstadien einer solchen Waldvegetation nicht unter den Begriff «Urwald» fallen sollen, obwohl sie in keiner Weise durch den Menschen beeinflusst worden sind. Hierin unterscheiden sich die zahlreichen, in der Urwaldliteratur enthaltenen Begriffsumschreibungen. Ein Teil der Autoren beschränkt den Urwaldbegriff auf Wälder, welche in ihrer Artenzusammensetzung und ihrem Aufbau das standörtlich, vor allem klimatisch bedingte Endglied der natürlichen Waldentwicklung, die Klimax, darstellen. Andere schliessen dagegen in den Urwaldbegriff sämtliche Wälder ein, welche durch den Menschen seit jeher nicht wesentlich verändert wurden.

Unsere Beobachtungen in den Resten mittel-, ost- und nordeuropäischer Urwälder ergaben, dass nur auf einem Teil der Fläche wirklicher «Klimaxwald» stockt und dass innerhalb der Urwaldkomplexe ein stetiger Wandel sowohl zu verschiedenen Entwicklungsphasen

innerhalb der Schlusswaldgesellschaft als auch zu verschiedenen Stadien von Waldsukzessionen führt. Eine Beschränkung des Urwaldbegriffes auf das klimatisch bedingte Endglied hätte somit zur Folge, dass ein Waldteil abwechselnd bald als Urwald, bald als Nichturwald zu bezeichnen wäre. Wir beziehen daher im folgenden den Begriff «Urwald» nicht auf einzelne Bestände, sondern auf gesamte, ausgedehnte Waldkomplexe, deren Standorte, Vegetation, Baumartenmischung und Aufbau seit jeher ausschliesslich durch natürliche Standort- und Umweltfaktoren bedingt wurden. Wenn in einem solchen Wald vielleicht erkennbar ist, dass früher einmal von Hirten ein vereinzelt Stück Schindelholz gewonnen wurde oder dass Jäger oder Partisanen ein kleines Lagerfeuer angefacht haben, tut dies der Ursprünglichkeit des Urwaldes keinen Abbruch. Wir finden in Europa kaum irgendwo einen Urwaldkomplex, wo keine solche Spur des Menschen erkennbar wäre.

Viel schwerwiegender sind die durch einen unnatürlichen Wildbestand verursachten Änderungen des Waldaufbaues. «Urwaldreservate» sind vielfach aus einstigen Jagdgebieten mit intensiver Hege des Wildes hervorgegangen, was offensichtlich deren natürliche Baumartenmischung stark beeinflusst hat. Wie *Mayer* (1975) feststellt, übt das Schalenwild (Rehe, Hirsche) beispielsweise in den österreichischen Naturwaldreservaten einen starken Einfluss auf die Verjüngung des Waldes aus. Ebenso stellt sich im polnischen Urwaldreservat von Bialowieza die Frage, ob die Überhege des Schalenwildes und die frühere Ausrottung des grossen Raubwildes nicht manche Waldteile den wirklichen Urwaldcharakter verlieren liessen. *Fabijanowski* (1975) gibt für dieses Reservat an, dass dort schon 1857 nahezu zweitausend Wisente gezählt wurden. Ausserdem leben in diesem Urwald Tausende von Rothirschen, Rehen und eine grosse Anzahl eingesetzter Damhirsche. Auch der 1941 unter Schutz gestellte österreichische Urwaldrest «Rothwald» steht nach *Zukrigl* (1978) derart stark unter Wildeinfluss, dass die Verjüngung der Tanne praktisch unmöglich geworden ist. Diese Beispiele zeigen, dass zum Urwald zahlen- und artenmässig auch eine natürliche Tierwelt gehört und dass dort, wo das grosse Raubwild, vor allem der Wolf und Luchs fehlen, zur Erhaltung des Urwaldcharakters eine Regelung des Wildbestandes unumgänglich ist. Dies gilt auch für Nationalparke, wenn diese ihren Sinn nicht verlieren und zu blossen Wildparks werden sollen. Ein Urwald besteht somit nicht allein aus einem seit jeher vor jeder Holznutzung geschonten Waldbestand, sondern aus einem in jeder Hinsicht natürli-

chen Wald-Beziehungsgefüge. Dazu ist ausserdem neben einer natürlichen Pflanzen- und Tierwelt eine derart grosse Flächenausdehnung erforderlich, dass sich im Innern des Waldes die Einflüsse der durch den Mensch geprägten Umgebung verlieren.

Urwälder, welche alle diese Voraussetzungen erfüllen und damit den Anforderungen einer wirklichen Urwaldforschung genügen, sind in Mittel- und Südeuropa selten geworden. Ausgedehnte Urwälder finden wir in Europa nur noch in unerschlossenen Gebieten Russlands, des Nordens und vor allem in den südosteuropäischen Gebirgen. Umso mehr ist die Erhaltung der wenigen Reste echter Urwälder von internationaler Bedeutung. Sie stellen für die naturwissenschaftliche und waldbauliche Forschung Objekte von unersetzlichem Wert dar.

1.2 Zweck und Probleme der Urwaldforschung

Die heutige Waldkunde fasst den Wald als ein dynamisches Beziehungsgefüge organischer und anorganischer Elemente auf, welches durch das auf grosser Fläche geschlossene Auftreten von Bäumen geprägt wird. Wesentliche Teile dieses durch ein spezifisches Waldinnenklima ausgezeichneten Ökosystems sind der Baumbestand und die übrige Waldvegetation, die Tierwelt des Waldes, der Waldboden und die Waldluft. Alle diese Teile stehen in mehr oder weniger engen, stetigen oder vorübergehenden, gegenseitigen Wechselbeziehungen und bilden einen ganzen Stufenbau von Ökosystemen verschiedener Grösse und Rangordnung. So bilden beispielsweise bereits die auf und in der Borke eines Baumes lebenden Bakterien, Pilze, Moose, Farne, höheren Pflanzen und Tiere verschiedener Ordnungen ebenso verwickelte Ökosysteme wie die Lebewesen einer ganzen Baumkrone. Ungezählte solche Teil-Ökosysteme stehen in gegenseitiger Beziehung, und in ihrer Gesamtheit bilden sie das Ökosystem «Wald». Im wesentlichen handelt es sich bei einem ganzen Wald um ein geschlossenes System, welches mit der Umwelt bloss Energie austauscht. Im übrigen ist dieses System weitgehend autonom, also autarktisch nicht auf eine Stoffzufuhr aus der Aussenwelt angewiesen, indem die Stoffkreisläufe sich weitgehend innerhalb des Systems vollziehen. Die grünen Pflanzen – die Produzenten – erzeugen primären organischen Stoff, Konsumenten verschiedener Rangordnung verbrauchen ihn zum Teil wieder zur sekundären Produktion organischer Stoffe, und Stoffabbauer (Reduzenten = Destruenten) beenden unter Wärme-

erzeugung den Energiefluss und schliessen durch die Mineralisierung den Stoffkreislauf. Im naturgemässen Wirtschaftswald ist der Stoffentzug durch die Holznutzung im Vergleich zur gesamten, dem Kreislauf erhaltenen Stoffherzeugung des Ökosystems (Wurzeln, Zweige, Blätter, Bodenvegetation, Tiere usw.) von einer Grössenordnung, welche das autarktische System nur wenig verändert. Wirklich ideale Objekte für die Erforschung des Energieflusses, der Stoffkreisläufe, des Aufbaues, des Beziehungsgefüges und der Dynamik komplizierter, geschlossener Ökosysteme bilden jedoch nur die durch den Menschen nicht direkt beeinflussten Wälder, also die Urwälder. Die Urwaldforschung bietet daher ein unmittelbares, nicht bloss forstliches, sondern allgemein naturwissenschaftliches Interesse. Urwälder sind noch bei weitem nicht voll ausgenützte, unersetzliche Naturlaboratorien, welche bei der rasch wachsenden Bedeutung der Umweltforschung zunehmend wertvoller werden.

Nicht zuletzt ist aber auch der praktische Waldbau aus folgenden Gründen an der Urwaldforschung interessiert: Die ausserordentlich langen Produktionszeiträume der Forstwirtschaft verlangen den Verzicht auf alle vermeidbaren Investitionen und einen möglichst vernunftgemässen Einsatz aller Mittel. Nirgends ausgeprägter als im Waldbau hat der in Eckermanns Gesprächen mit *Goethe* enthaltene Ausspruch Gültigkeit: «Unsere ganze Aufmerksamkeit muss darauf gerichtet sein, der Natur ihre Verfahren abzulauschen, damit wir sie durch zwingende Vorschrift nicht widerspenstig machen, aber uns dagegen durch ihre Willkür nicht vom Zweck entfernen lassen.» Biologische Voraussetzung für einen rationellen Waldbau ist die gründliche Kenntnis der natürlichen Lebensvorgänge des Waldes. Diese Kenntnis vermittelt uns in allererster Linie die Urwaldforschung. Unser heutiges waldbauliches Wissen beruht noch grossenteils auf praktischen Erfahrungen und Forschungen, welche in naturfremden und künstlichen Wirtschaftswäldern durchgeführt wurden. Erst in neuerer Zeit wird sich auch die Forschung vermehrt bewusst, dass der Wald nicht bloss ein «Holzacker» ist, sondern als dauerhaftes Beziehungsgefüge verstanden werden sollte, in welchem die Mechanismen der natürlichen Selbstregulierung auch aus rein wirtschaftlichen Gründen eine wesentliche Rolle zu spielen haben. Die Waldbauwissenschaft gelangt zunehmend zur Erkenntnis, dass unser Bestreben darin liegen muss, erwünschte natürliche, also kostenlose Vorgänge möglichst zu erhalten und zu fördern, unerwünschte dagegen rechtzeitig zu erkennen und im richtigen Zeitpunkt durch geeignete Massnahmen auszu-

schalten. Dazu ist jedoch erforderlich, die ursprüngliche Natur des Waldes und seiner Lebensvorgänge wirklich zu kennen. Diese Kenntnisse vermittelt uns in bester Weise die Urwaldforschung.

Vorerst stehen dabei die folgenden *Probleme* im Vordergrund: Neben der Erfassung der *Urwaldstrukturen* sind vor allem Untersuchungen über deren Ursachen und Stabilität von Interesse. Weil sich verhältnismässig stabile Strukturen («Gleichgewichts-Strukturen») durch einen fortwährenden Ausgleich von Entwicklungsvorgängen («Aktionen») und entgegenwirkenden Vorgängen («Reaktionen») auszeichnen, bilden die inneren Rückkopplungskreise innerhalb der über längere Zeit bestehenden biologischen «Gleichgewichte» einen besonders wichtigen Zweig der Urwaldforschung. Dabei sind wir uns bewusst, dass es sich stets um Fließgleichgewichte handelt, also um Zustände vorübergehender Art. Der Wechsel der Strukturen erfolgt bald unmerklich langsam, bald aber in einem raschen Fluss oder sogar unvermittelt abrupt. Diese *Dynamik*, und vor allem deren Ursachen, bilden einen weiteren grundlegenden Forschungsgegenstand, denn damit stehen auch die Vorgänge des Generationenwechsels, also der natürlichen Erneuerung, in einem engen Zusammenhang.

Grundlegend für das Verstehen dieser Vorgänge dürfte die *Kenntnis des Wachstumsganges* der einzelnen Urwaldbäume sein, denn ihr verschiedener Lebensablauf ist bloss zum Teil durch die Erbanlagen bedingt. Neben dem durch den Boden und das Klima geprägten «Standort» spielt vor allem das durch den Wald selbst geprägte Milieu seines Innenraumes eine wesentliche Rolle. Wachstumsverlauf, Gesundheit und Konkurrenzkraft der einzelnen Bäume sind deshalb auch durch die vorhandenen Bestandesstrukturen bedingt. Die Milieuverhältnisse wechseln innerhalb eines Urwaldes zumeist schon auf kleiner Fläche und örtlich stärker als in einem Wirtschaftswald. Dies bewirkt oft ganz verschiedene Wachstumsverläufe der einzelnen benachbarten Urwaldbäume. Solche Unterschiede wirken sich auf das Zusammenleben der Bäume und den gegenseitigen Wettbewerb ganz offensichtlich stark aus. Die Erforschung dieser Zusammenhänge und der sich daraus ergebenden art- und umweltbedingten *Gesetzmässigkeiten des Zusammenlebens* lässt wichtige Erkenntnisse für die zweckmässige Verjüngungstechnik im Wirtschaftswald, für die geeignete Baumartenmischung und Bestandespflege erwarten.

Die erwähnten vordringlichen Untersuchungen verfolgen jedoch nicht den Zweck, gewissermassen die «Verfahren des Urwaldes» auf den Wirtschaftswald zu übertragen, denn Waldbauziele können nur

aktiv erreicht werden. Die Urwaldforschung soll uns vielmehr zu einer vertieften Kenntnis des Wesens unserer Baumarten und ihres Zusammenlebens im Bestand führen und dadurch verbesserte Grundlagen für eine tatsächliche naturgemässe Waldbehandlung geben, so dass sich unsere Wirtschaftsziele mit dem geringsten Aufwand erreichen lassen. Der «naturgemässe Waldbau» ahmt nur jene Vorgänge der Natur nach, welche in der Richtung der Wirtschaftsziele verlaufen. In diesem Sinne behält auch die bereits 1762 von *Rousseau* in «*Emile*» niedergelegte Empfehlung ihre Bedeutung: «*Observez la nature, et suivez la route qu'elle trace.*» Der französische Waldbauer *Parade* (zitiert nach *Boppe*, 1889) hat diesen Hinweis zum Grundgesetz des Waldbaues erhoben: «*Imiter la nature, hâter son œuvre, telle est la maxime fondamentale de la sylviculture.*» Die Richtigkeit dieses Grundsatzes ist zwar heute unbestritten; seine Befolgung setzt jedoch die Kenntnis des vom Menschen unveränderten, natürlichen Lebenshaushaltes des Waldes voraus. Die Urwaldforschung verfolgt das Ziel, diese Kenntnis zu mehren, und sie dient damit vor allem auch der Entwicklung der Waldbautechnik.

1.3 Heutige Verbreitung der europäischen Tannen-Buchen-Urwaldreste

Aus den Berichten des römischen Feldherrn Julius Cäsar über seinen Krieg mit den Galliern und Helvetiern und jenen des Geschichtsschreibers Cornelius Tacitus gewinnt man den Eindruck, dass in der Zeit um Christi Geburt die Gebiete nördlich der Alpen noch fast vollständig von Urwald bedeckt waren. Wälder, Seen und Flüsse, Moore und die das Waldmeer wie Inseln überragenden hohen Gebirgszüge gaben damals Mitteleuropa das Gepräge. Zweifellos handelte es sich aber nur zum Teil um unberührten Urwald, denn der Wald spielte schon damals eine wichtige Rolle im Leben der Menschen. Er war nicht nur Jagdgrund, sondern hier fanden auch die Haus-, Reit- und Zugtiere grossenteils ihre Nahrung, und mit primitiven Werkzeugen wurden schon damals Bäume als Bau-, Werk- und Brennholz gefällt. Mit der Entwicklung des Getreidebaues und einer geordneten Viehwirtschaft erfolgten zudem immer ausgedehntere Waldrodungen, so dass gegen Ende des Mittelalters in Mitteleuropa kaum mehr ein Drittel des ursprünglichen Waldes und wenig Urwälder vorhanden waren.

Ausgedehnte Urwälder gab es hier bereits im 15. Jahrhundert zumeist nur noch in abgelegenen Gebirgsgegenden.

In *Südeuropa*, namentlich im ganzen Mittelmeerraum, wurde der grösste Teil der Wälder sogar schon viel früher vernichtet, und auch in *Westeuropa* blieb nur ein geringer Waldanteil erhalten.

Bei den vielen in der Literatur erwähnten «Urwäldern» handelt es sich daher zumeist um zwar selten und unregelmässig genutzte, jedoch durch Waldweide, überhegte Wildbestände oder sonstwie wesentlich veränderte Naturwälder, keinesfalls aber um echte Urwälder. Einzig der europäische Norden und die südosteuropäischen Gebirge weisen auch heute noch hohe Bewaldungsprozente und nennenswerte Reste der einstigen Urwälder auf. Aber auch diese Reste sind zunehmend bedroht. Die grösseren, vorratsreichen Urwaldkomplexe werden erschlossen und der Holznutzung zugänglich gemacht, und bestenfalls bleiben kleine Restflächen als Reservate erhalten. So sind auch einzelne der von uns untersuchten Urwälder inzwischen bereits erheblich zusammengeschrumpft. Die Aufstellung eines europäischen Urwaldkatasters und Massnahmen zum Schutze der wertvollsten Objekte stellen daher Aufgaben von internationaler wissenschaftlicher Bedeutung dar.

Die folgenden Hinweise geben keine vollständige Übersicht über die noch vorhandenen Urwaldreste und beschränken sich hauptsächlich auf die von uns untersuchten oder wenigstens nicht bloss flüchtig kennengelernten mittel-, ost- und südost-europäischen Urwälder.

In den *Alpen* sind Urwaldreste äusserst spärlich geworden. Zumeist handelt es sich bloss noch um wenig ausgedehnte, in den Randpartien von aussen stark beeinflusste Bestände.

In den Schweizeralpen sind nur noch der Urwald von Derborence im Wallis mit einer Fläche von 22 ha und der isolierte und daher von aussen wenig beeinflusste kleine Fichtenurwald Scatlé bei Brigels in Graubünden mit einer Fläche von 5 ha erhalten geblieben.

Eine grössere Anzahl Urwaldreste weist dagegen *Österreich* immer noch auf. Professor *Mayer* verdanke ich folgende Zusammenstellung:

Rothwald: Langau-Lunz, niederösterreichische Kalkalpen, 296 ha, Waldmeister- und Alpendost-Fichten-Tannen-Buchenwald, Bergsturz-Block-Fichtenwald.

Neuwald: Lahnsattel, niederösterreichische Kalkalpen, 20 ha, Alpendost- und Waldmeister-Fichten-Tannen-Buchenwald, Waldschachtelhalm-Fichten-Tannenwald, montaner Kalkschutt-Fichtenwald, Weisserlen-Fichtenwald.

Rauterriegel am Eisenhut bei Turrach: Gurktaler Alpen, 4 ha, Subalpiner Hainsimsen-Steilhangwald mit Zirbe.

Dobral/Kamptal-Stauseen: Waldviertel (nicht Alpen) 12 ha, Zahnwurz-Buchenwald mit Waldhaargerste und Silikatblock-Sommerlindenwald.

Wasserkar im Blühnbachtal: Salzburger Kalkalpen, 15 ha, natürlicher Lärchenwiesen-Steilhangwald im Übergang zum subalpinen Waldhainsimsen-Fichtenwald.

Johannser Kogel im Lainzer Tiergarten: Wienerwald, 21 ha, Zerr-Eichen-Trauben-Eichen-Hainbuchenwald, Feldahorn-Eschen-Gipfelwald, Waldmeister-Buchenwald, bodensaurer Trauben-Eichen-Buchenwald.

In Bayern ist nach einer brieflichen Mitteilung von Professor *Burschel* zwar eine grosse Anzahl Naturwaldreservate errichtet worden, von denen aber nur ein kleiner Teil als vollständig unberührter Urwald anzusprechen sein dürfte. Eine Bekanntmachung des Bayer. Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten vom 20. Februar 1978 erwähnt insgesamt 135 Naturwaldreservate, die eine «naturnahe Bestockung nach Baumartenzusammensetzung und Struktur aufweisen sollen». Zahlreiche Reservate liegen auch im Areal des Tannen-Buchenwaldes.

In *Italien* fehlen nach Professor *Piussi* zuverlässige Erhebungen über noch vorhandene Urwaldreste. Es dürfte sich nur um kleine Flächen im subalpinen Bereich handeln.

Frankreich weist nach Angaben der Professoren *Lanier* und *Jacamon* ebenfalls nur wenige Wälder auf, welche möglicherweise vollständig unberührt geblieben sind. Es sind dies hauptsächlich hochgelegener Lärchen-Arvenwald, Bergföhrenwald, thermophiler Buchenwald und Flaumeichenwald.

Ebenso sind Urwaldreste in *Slowenien* spärlich vorhanden. Professor *Mlinšek* erwähnt brieflich einen Buchen-Urwaldrest «Šumik» mit einer Fläche von 19,6 ha in der Pohorje und den im Bereich der Waldgrenze liegenden Urwald «Poljšak» mit 341,7 ha in der Savinske-Alpe. Von diesem Urwald liegt ein Teil im Tannen-Buchenwaldareal.

Ausgedehnte, prachtvolle Tannen-Buchen-Urwaldbestände sind dagegen in den Balkangebirgen erhalten geblieben, namentlich in *Bosnien*, *Montenegro*, *Albanien* und *Rumänien*. Dies ist ein Hauptgrund für die Durchführung unserer meisten Untersuchungen in Jugoslawien.

1.4 Methodik der Struktur- und Zuwachsanalyse von Urwäldern

In der Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen wurden bereits 1959 Vorschläge für die Methodik der Struktur- und Zuwachsanalyse von Urwäldern unterbreitet (*Leibundgut*, 1959). Diese haben sich bei unseren Untersuchungen bewährt und sind inzwischen auch von verschiedenen anderen Forschern erprobt worden. Unter Hinweis auf den erwähnten Aufsatz erfolgt nachstehend nur eine kurze Darstellung des Vorgehens.

Bei den *Aufnahmen im Wald* handelte es sich vorerst darum, typische, d. h. hinsichtlich Baumartenmischung, Bestandesschichtung, Vorratsgliederung, Vitalität, Entwicklungstendenz und Kronenausbildung der Bäume deutlich unterscheidbare Strukturformen derart zu erfassen, dass später eine zahlenmässige Auswertung der erhobenen Merkmale ermöglicht wurde. Im weiteren wurden in den Probeflächen von allen Baumklassen Bohrspäne entnommen, um die Zuwachsverläufe und Zuwachsgrössen bestimmen zu können. Diese Analysen dienten vor allem dazu, Strukturfolgen abzuleiten und Gesetzmässigkeiten der Urwalddynamik zu erkennen.

Das *Aufnahmeverfahren* und die Art der *Bestandesbeschreibung* werden im folgenden deshalb ausführlich beschrieben, weil sie sich auch bei Bestandesaufnahmen in Wirtschaftswäldern bewährt haben.

Bei den Aufnahmen im Wald wurde im einzelnen wie folgt vorgegangen:

Die Bestandesbeschreibung und Darstellung der Strukturformen

Bei der Begehung von Urwäldern fanden wir auf ähnlichen Standorten immer wieder auf grösseren oder kleineren Flächen die gleichen typischen Bestandesstrukturen. Zur Kennzeichnung dieser Bestandestypen wurden jeweils mehrere Bestände oder Bestandesteile ausgewählt, welche in möglichst allen anscheinend wesentlichen Merkmalen eine weitgehende Übereinstimmung aufwiesen. Da auch deutliche Übergänge zwischen den verschiedenen typischen Strukturformen vorhanden waren, durfte darauf geschlossen werden, dass die ausgeschiedenen Bestandestypen verschiedene Phasen im Lebensablauf des Waldes darstellen. Für diese innerhalb einer bestimmten Waldgesellschaft deutlich unterscheidbaren Bestandestypen wurde die Bezeichnung «*Entwicklungsphase*» gewählt, im Unterschied zu

dem in der Pflanzensoziologie für den einzelnen, floristisch deutlich abgrenzbaren Sukzessionsschritt verwendeten Begriff «Stadium». Die Bezeichnung «Entwicklungsstufe» kam deshalb nicht in Frage, weil dieser Begriff bereits anders verwendet wird (*Leibundgut*, 1978).

Bei den Aufnahmen und Kartierungen wurden die folgenden *Entwicklungsphasen* unterschieden:

- *Optimalphase*: \pm geschlossene starke Baumholzbestände mit hohen Holzvorräten und guter durchschnittlicher Vitalität der Bäume. Bei der *frühen Optimalphase* ist die Oberschicht im allgemeinen noch nicht so dicht geschlossen, dass ein Aufstieg von Bäumen der Mittelschicht verunmöglicht wird. In der *späten Optimalphase* dagegen ist die Oberschicht dicht geschlossen.
- *Altersphase*: starke Baumholzbestände mit altersbedingtem Ausfall einzelner Bäume und Trupps. Die *frühe Altersphase* weist Maximalvorräte, die *späte Altersphase* noch mehr als etwa die Hälfte des Maximalvorrates auf. Lücken der Oberschicht sind in der Altersphase wenig ausgedehnt und beruhen auf dem Ausfall einzelner oder weniger Bäume.
- *Zerfallsphase*: in fortgeschrittener Auflösung und Zerfall begriffene starke Baumholzbestände mit weniger als der Hälfte des Maximalvorrates und grösseren Bestandeslücken und Blössen.
- *Verjüngungsphase*: in langsamer Auflösung begriffene, lockere oder lückige starke Baumholzbestände mit reichlichem Jungwuchs.
- *Plenterwaldphase*: plenterwaldähnlich aufgebaute, stark stufige Bestände.
- *Jungwaldphase*: \pm gleichförmiger, nach raschem Zerfall oder Zusammenbruch des Bestandes, aus grossflächiger Verjüngung hervorgegangener Jungwald (Jungwüchse, Dickungen und schwache Stangenhölzer).
- *Phase des gleichförmigen starken Stangenholzes und Baumholzes*, hervorgegangen aus grossflächiger Verjüngung. Diese Phase kann nicht der Optimalphase zugeordnet werden, weil ihre Holzvorräte erheblich geringer sind und weil im Unterschied zur Optimalphase die Bäume der Oberschicht noch ein intensives Höhenwachstum aufweisen.

In den gleichförmigen, einschichtigen Beständen des starken Stangenholzes konnten die Bäume wie im schlagweisen Hochwald klassiert werden (herrschende Bäume; mitherrschende, am oberen Kronenschirm teilnehmende Bäume; beherrschte am oberen Kronenschirm nicht teilnehmende Bäume; unterständige Bäume).

Die *Probeflächen* wurden jeweils so ausgewählt, dass sie in jeder Hinsicht einer bestimmten Entwicklungsphase gut entsprachen. Deshalb sind sie verschieden gross und oft nur von geringer Ausdehnung.

Die *Bestandesbeschreibungen* erfolgten in der üblichen Weise, wobei in der Regel die nachstehend an einem Beispiel dargestellte formelmässige Beschreibung gewählt wurde. Für diese gelten die folgenden Abkürzungen und Darstellungen:

– *Höhenklassen*

- | | | |
|---|-----------------|---|
| O | = Oberschicht | ($\frac{2}{3}$ bis $\frac{3}{3}$ der Oberhöhe) |
| M | = Mittelschicht | ($\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ der Oberhöhe) |
| U | = Unterschicht | (unter $\frac{1}{3}$ der Oberhöhe) |

– *Bestandesschichtung*

eine ausgeprägte Einschichtigkeit oder scharfe Trennung der Bestandesschichten werden angegeben durch Unterstreichung der betreffenden Schicht, eine unscharfe Trennung durch unterbrochene Unterstreichung, und grössere Lücken in der Ober- oder Mittelschicht durch Unterbrechungen in der Unterstreichung (oder _ _).

– *Mischungsform*

- | | |
|---|---|
| e | = Einzelmischung (nur angeben, wenn die Einzelmischung besonders hervorgehoben werden soll) |
| t | = Truppmischung |
| g | = Gruppenmischung |
| h | = Horstmischung |

– *Mischungsgrad*

wird in Prozenten des Flächenanteils der einzelnen Baumarten getrennt für jede Bestandesschicht angegeben (jede Schicht = 100 Prozent). Die verwendeten Abkürzungen bedeuten:

- | | |
|-----|---------------------------------------|
| Fi | = Fichte (<i>Picea abies</i>) |
| Ta | = Tanne (<i>Abies alba</i>) |
| Fö | = Föhre (<i>Pinus silvestris</i>) |
| SFö | = Schwarzföhre (<i>Pinus nigra</i>) |

Lä = Lärche (*Larix decidua*)
 BFö = Bergföhre (*Pinus montana*)
 Ndb = Nadelbäume
 Bu = Buche (*Fagus silvatica*)
 BAh = Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*)
 As = Aspe (*Populus tremula*)
 Bi = Birke (*Betula verrucosa*)
 Lbb = Laubbäume

– Beschirmungsgrad

Der Beschirmungsgrad wird für jede Bestandesschicht getrennt angegeben in Zehnteln der Gesamtfläche. Die ebenfalls geschätzte Gesamtüberschirmung entspricht in der Regel *nicht* der Summe der Beschirmungsgrade der einzelnen Bestandesschichten, da die einzelne Teilfläche oft von mehr als einer Bestandesschicht überschirmt wird, während andere Teilflächen überhaupt nicht überschirmt sind.

Die *formelmässige Bestandesbeschreibung* wird durch das folgende Beispiel veranschaulicht:

0.7	<u>20 Fi</u>	<u>80 Ta</u>	
0.2	<u>80 Ta</u>	<u>10 Fi</u>	<u>10 Bu</u>
0.2	<u>90 Ta</u>	<u>5 Fi</u>	<u>5 Bu</u>

Die lückige Oberschicht ist von der Mittelschicht deutlich getrennt, überschirmt $\frac{7}{10}$ der Fläche und weist Flächenanteile von 20 % bei der Fichte und 80 % bei der Tanne auf. Mittel- und Unterschicht sind nicht deutlich getrennt und überschirmen je $\frac{2}{10}$ der Fläche. Die Flächenanteile der einzelnen Baumarten sind analog wie bei der Oberschicht angegeben.

Ausser Probestreifen einheitlicher Phase wurden lange, möglichst alle örtlich vorkommenden Phasen umfassende *Profilstreifen* festgelegt und vermessen. Obwohl zeichnerische Darstellungen solcher Profilstreifen bereits in verschiedenen früher erschienenen Arbeiten veröffentlicht wurden, erscheint es doch angezeigt, das angewandte Aufnahmeverfahren näher zu beschreiben, da es sich für langfristige waldbauliche Untersuchungen besser als die Photographie eignet. Diese liefert zwar ein gutes Bild im Aufriss, gibt uns aber keine messbaren Zahlen und keinen Grundriss. Ausserdem sind bei ihr in bezug auf die Breite und Höhe des Profils sehr enge Grenzen gesetzt. Unser Aufnahmeverfahren verlangte zwar einen verhältnismässig grossen Zeitaufwand, bot aber den entscheidenden Vorteil, dass die Bestandesstruktur bildlich sehr gut erfasst wird.

Die Breite des Profilstreifens wurde jeweils so gewählt, dass die Struktur des Bestandes auch im Aufriss zeichnerisch noch gut dargestellt werden konnte. Bei den vorliegenden Aufnahmen variierte sie zwischen 6 und 10m.

Das *Aufnahmeverfahren* in den Profilstreifen bestand aus den folgenden Arbeiten: Im Gelände wurde jeweils die Mittelachse (x-Achse) ausgesteckt und alle 10m durch Pflöcke gesichert. Die seitlichen Begrenzungen des Profilstreifens wurden durch eine Schnur markiert und ebenfalls alle 10m durch einen Pflock bezeichnet. Nach dieser Vorbereitung wurde folgendermassen vorgegangen:

- Sämtliche Bäume wurden numeriert, und im Aufnahmeprotokoll erfolgte vorerst die Eintragung von Nummer, Baumart und Bruthöhendurchmesser.
- Der Ort des Stammfusses wurde durch Messung der x- und y-Koordinate lokalisiert und ebenfalls protokolliert.
- Mit dem Höhenmesser wurden von jedem Baum die Höhe und der Kronensatz bestimmt. Gleichzeitig erfolgte die Ansprache der Vitalität und Entwicklungstendenz.
- Die Kronenprojektoren wurden mit Hilfe eines Lotes in der x- und y-Achse markiert und eingemessen.
- Ein Zeichner hielt skizzenhaft die Kronenform und eventuelle andere Merkmale des Baumes fest. Gleichzeitig ergänzte er die Skizze durch den bei den Messungen nicht erfassten Jungwuchs. In der Grundriss-skizze wurden zusätzlich alle liegenden Baumleichen eingetragen.

Mit Hilfe der Aufnahmeprotokolle und der Skizze konnten später im Büro genaue Aufriss- und Grundrisszeichnungen der Profile erstellt werden.

Das Verfahren ist zwar kompliziert und zeitraubend, hat aber den Vorteil höchstmöglicher Genauigkeit. Zudem bietet es bei dauerhaft verpflochten Profilstreifen die Möglichkeit einer späteren Wiederholung der Aufnahme und damit der Erfassung der erfolgten Strukturveränderungen.

Die *Baumklassenbildung* erfolgte nach unserer bereits früher aufgestellten und von der IUFRO 1956 übernommenen Klassifikation. Diese Klassifikation umfasst die folgenden Merkmale:

– *Schichtzugehörigkeit*

Oberschicht	($\frac{2}{3}$ bis $\frac{3}{3}$ Oberhöhe)	100
Mittelschicht	($\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ Oberhöhe)	200
Unterschicht	(unter $\frac{1}{3}$ Oberhöhe)	300

– <i>Vitalität</i>		
üppig entwickelt		10
normal entwickelt		20
kümmertlich entwickelt		30
– <i>Entwicklungstendenz</i> (bezogen auf zugehörige Schicht)		
vorwiegend		1
mitwiegend		2
zurückbleibend		3
– <i>Kronenlänge</i>		
über $\frac{1}{2}$	Baumhöhe = lang	4
$\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{4}$	Baumhöhe = mittel	5
unter $\frac{1}{4}$	Baumhöhe = kurz	6

Es bedeutet somit beispielsweise 111/4 ein üppig entwickelter, vorwachsener Baum der Oberschicht mit einer langen Krone.

Theoretisch ergeben sich insgesamt 81 Kombinationsmöglichkeiten, von denen immerhin verschiedene praktisch nicht in Frage kommen. Trotz der Einfachheit der Skala erlaubt die Kombination der verschiedenen Merkmale eine sehr feine Charakterisierung. Die zahlenmässig ausgedrückten Merkmale haben im weiteren den grossen Vorteil, dass sich Mittelwerte berechnen lassen und dass eine mathematisch-statistische Auswertung möglich ist.

Die *Schaftgüte* wurde gutachtlich nach den in der Schweiz üblichen Holzhandelsgebräuchen für Stammholz angesprochen. Es wurden unterschieden:

a-Qualität: fehlerfreies Holz

n-Qualität: gesundes Holz ohne wesentliche Fehler

f-Qualität: Holz mit wesentlichen Fehlern

Die *Baumhöhenkurven* wurden für jeden untersuchten Wald nach Baumarten getrennt in der üblichen Weise hergestellt. Wo die Aufnahmen aus den Probeflächen und Profilstreifen dazu nicht ausreichten, wurden ausserhalb dieser Flächen zusätzliche Messungen vorgenommen. Die für die einzelnen Durchmesserstufen von 4 cm errechneten und graphisch ausgeglichenen Mittelhöhen beziehen sich auf sämtliche Baumklassen.

Zur *Massenberechnung* wurden baumartenweise für jeden Wald Mas-sentarife aufgestellt, wozu wir nach den Tafeln der Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen bei Tanne und Fichte die V/G-Werte für Plenterwald, für die Buche und Lärche (Reservat Derborence) dieje-nigen für Hochwald benützten.

Bei den Zusammenfassungen nach *Stärkeklassen* wählten wir die in der Schweiz am meisten verwendete Unterteilung, nämlich:

Klasse 00	Durchmesser	unter 8 cm
Klasse 0	Durchmesser	8 bis 16 cm
Klasse I	Durchmesser	16 bis 24 cm
Klasse II	Durchmesser	24 bis 36 cm
Klasse III	Durchmesser	36 bis 52 cm
Klasse IV	Durchmesser	52 bis 72 cm
Klasse V	Durchmesser	72 bis 92 cm
Klasse VI	Durchmesser	über 92 cm

Zur *Zuwachsanalyse* wurden innerhalb der Probestreifen von sämtli-chen Bäumen Bohrspäne entnommen. Sie wurden ausserdem in den Probeflächen und nötigenfalls auch ausserhalb so weit ergänzt, dass von allen Baumklassen eine genügend grosse Anzahl zur statistischen Auswertung zur Verfügung stand.

Die Messung der Jahrringbreiten erfolgte auf eine Genauigkeit von $\frac{1}{10}$ mm mit der Jahrringmessmaschine von Ekklund. Nach den einzel-nen und kombinierten Kriterien konnten mit Hilfe der bekannten stat-istischen Verfahren Mittelwerte, Streuungen und Trends für längere Perioden berechnet und verglichen werden.

Im übrigen erfolgte die Zuwachsberechnung nach dem bekannten Tariffdifferenzverfahren von *Loetsch*.

Die von allen Durchmesserklassen entnommenen Bohrspäne und von Stammscheiben der Bäume der Unterschicht ermöglichten ausserdem gute Einblicke in die *Altersverhältnisse* der Urwaldbestände und den Wachstumsverlauf ihrer Bäume.

Ein besonderes Interesse hätte für die Kennzeichnung der einzelnen Entwicklungsphasen die Erfassung von Gesetzmässigkeiten der

Stammzahlverteilung nach Durchmesserstufen geboten. Dazu reichten jedoch zumeist die Baumzahlen der Probeflächen und Profilstreifen nicht aus. Wo uns ein ausreichendes Zahlenmaterial für grössere Waldkomplexe zur Verfügung stand, wurde auch dieser Frage Aufmerksamkeit geschenkt. Dabei wurde nach dem von *H. A. Meyer* (1933) für den Plenterwald entwickelte Verfahren zur mathematischen Fassung der Verteilungskurve vorgegangen.

2 Aufbau und Lebenslauf von Tannen-Buchen-Urwäldern

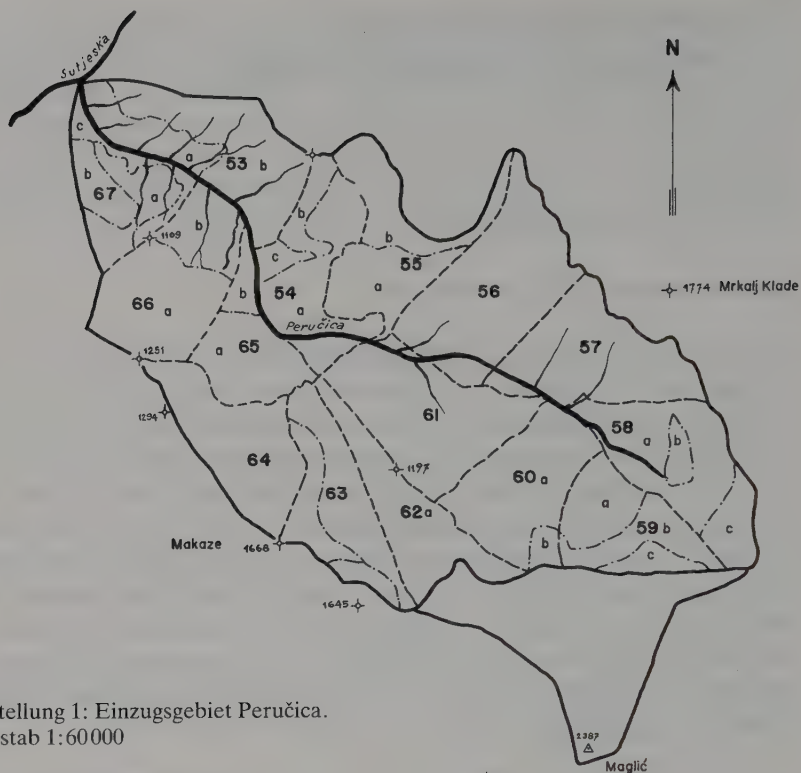
2.1 Der Urwald Peručica

2.1.1 Allgemeine Waldbeschreibung

Der Urwald Peručica liegt in Südost-Bosnien bei Foča innerhalb des Nationalparks Sutjeska. Die Gesamtfläche des Reservates beträgt 1291 ha, wovon 786 ha als Totalreservat ausgeschieden sind. In der übrigen Fläche werden lediglich Zwangsnutzungen ausgeführt. Der tiefste Punkt des Reservates befindet sich im Sutjeskatal auf 800 m ü. M., der höchste auf dem Gipfel des Maglić (2372 m ü. M.). Der Urwald verdankt seine Erhaltung dem völligen Fehlen einer Erschliessung. Erst in neuester Zeit ist eine Fahrstrasse bis zum Urwald erstellt worden. Klimatisch befindet er sich in einem Übergangsgebiet von mediterranen und kontinentalen Einflüssen. Die beiden in der Nähe des Reservates angelegten meteorologischen Stationen geben folgende *klimatische Mittelwerte* an:

	Station Suha (690 m ü. M.)	Station Čemerno (1329 m ü. M.)
Mittlere Jahrestemperatur	8,6° C	5,2°
Mittlere Temperatur des wärmsten Monats	18° C	16,0° C
Mitteltemperatur der Vegetationsperiode (Mai bis September)	15,8° C	12,5° C
Mittlerer jährlicher Niederschlag	1428 mm	1365 mm
Verteilung der Niederschläge		
Winter	26,9%	23,0%
Frühling	25,1%	29,1%
Sommer	14,8%	14,9%
Herbst	33,2%	33,0%

Im eigentlichen Urwald dürften die Niederschläge etwa 2000 mm betragen. Davon fallen nur etwa 15 Prozent im Sommerquartal. Der Schnee bleibt vom Oktober bis Mai liegen; die Vegetationszeit ist demnach sehr kurz.



Darstellung 1: Einzugsgebiet Peručica.
Massstab 1:60000

- Abteilungsgrenzen
 - · - · - Unterabteilungsgrenzen

Der *geologische Untergrund* besteht hauptsächlich aus roten, eisenhaltigen Sandstein-Schiefern der unteren Triasformation, aus Dolomit, Porphyrit, Andesit usw. und liefert sehr verschiedene Böden in drei klimatisch deutlich verschiedenen Höhenstufen.

Die *Boden- und Vegetationsverhältnisse* sind entsprechend den grossen Höhenunterschieden, verschiedenen Expositionen, Neigungen, topographischen und geologischen Verhältnissen stark wechselnd. *Fukarek* (1970) und *Pintarić* (1978) haben das Urwaldgebiet eingehend beschrieben. *Fukarek* unterscheidet in diesem 25 verschiedene Waldgesellschaften, vom wärmeliebenden Flaumeichenwald und Hopfenbuchenwald, dem Pappel-Weidenwald und Schwarzerlenwald bis zum subalpinen Fichtenwald und Legföhrengebüsch. Neben den Schlusswaldgesellschaften sind auf ehemaligen Brandflächen ausge-

dehnte Anfangs- und Übergangswälder vorhanden. Zur Hauptsache aber handelt es sich um Tannen-Buchenwälder (*Abieti-Fagetum illyricum*) und verschiedene Buchenwaldgesellschaften. Diese sind an Südhängen bis auf 1500 m ü. M. vertreten, in Nordexposition bis auf etwa 1200 m. Der Tannen-Buchenwald hat seine obere Grenze auf 1700 bis 1800 m. Einzelne Buchen haben wir noch auf 1900 m ü. M. festgestellt. Das Legföhrengbüsch reicht hinauf bis unter den Gipfel des Maglič (2300 m).

Die *Baumartenmischung* und *Bestandesstrukturen* sind je nach Entstehung der Bestände und Entwicklungsphase sehr verschieden, wie die folgende Übersicht der wichtigsten *Bestandestypen* zeigt:

Bestandestypen im Urwald Perućica

40–100jähriges Baumholz (Abt. 55, 1230 m ü. M., mässig geneigter S-Hang, Kalkgeröll)

0.7	<u>20</u> <u>Fi</u> <u>80</u> Ta	vereinzelt <u>SFö</u>
0.2	<u>100</u> Ta	
0.1	95 Ta	5 Fi

100–150jähriges Baumholz in der beginnenden Optimalphase (Abt. 55, 1240 m ü. M., steiler S-Hang, Kalkgeröll)

0.9	<u>60</u> Bu <u>20</u> Ta <u>20</u> Fi	vereinzelt <u>BAh</u> , <u>As</u>
0.2	<u>50</u> Bu <u>50</u> Ta	
0.2	100 Ta	

Vorratsreicher, geschlossener Altbestand in der Optimalphase (Abt. 56, 1230 m ü. M., mässig geneigter W-Hang, feiner Kalkschutt)

0.8	95 Ta	3 Bu	2 Fi
0.3	<u>70</u> Ta	<u>30</u> Bu	
–	100 Ta		

Geschlossener Altbestand in der Optimalphase (Abt. 56, 1250 m ü. M., mässig geneigter SW-Hang, Kalkgeröll)

0.9	<u>70</u> Ta <u>30</u> Fi	vereinzelt <u>As</u>
0.2	<u>70</u> Ta <u>30</u> Bu	
0.1	100 Ta	

Aufgelöster Altbestand in der beginnenden Zerfallsphase (Abt. 60, 1460 m ü. M., mässig geneigter NE-Hang, Kalkgeröll)

0.4	80 Ta	15 Bu	5 Fi
0.2	<u>50</u> Bu	<u>50</u> Ta	
0.1	50 Bu	50 Ta	vereinzelt Fi

50–100jähriger, stufiger Übergangswald nach Zerfall des Altbestandes (Abt. 55, 1260 m ü. M., mässig geneigter S-Hang, Kalkgeröll)

0.7	<u>30</u> As	<u>35</u> Ta	<u>35</u> Bu
0.7	<u>80</u> Ta	<u>20</u> Bu	
0.5	100 Ta		

Plenterwaldartiger Bestand (Abt. 56, 1240 m ü. M., steiler n-Hang)

0.75	<u>60</u> Bu	<u>40</u> Ta	<u>vereinzelt</u> Fi
0.2	<u>80</u> Ta	<u>20</u> Bu	
0.25	100 Ta	vereinzelt Bu und Fi	

Subalpiner Buchenwald in der Optimalphase (Aceri-Fagetum subalpinum Fukarek; 1620 m ü. M., steiler N-Hang, Kalkschutt)

0.9	<u>95</u> Bu	<u>5</u> Acer	<u>Heldreichii</u>
0.1	<u>100</u> Bu		
–	100 Bu		

Fichtenwald in der Altersphase (Piceetum subalpinum illyricum Fukarek; Abt. 60, 1500 m ü. M., steiler NE-Hang unter Maglić, Kalkgeröll)

0.6	<u>100</u> Fi		
0.1	<u>90</u> Fi	<u>10</u> Bu	
–	50 Fi	50 Bu	

Über die *Vorratsverhältnisse* des gesamten Urwaldes liegen gute Angaben von *Drinić* (1956) und von *Pintarić* (1978) vor.

Der durchschnittliche *Holzvorrat* der gesamten Reservatsfläche wird mit 714 m³ pro ha angegeben, wovon etwa 15 Prozent auf die Fichte, 24 Prozent auf die Buche und 60 Prozent auf die Tanne entfallen. Verschiedene andere Laubbäume nehmen nur 1 Prozent des Vorrates ein. Die Waldföhre und Schwarzföhre kommen nur vereinzelt vor. Im Tannen-Buchenwaldareal bestimmte *Drinić* (1956) in Meereshöhen von 1100 bis 1520 m in Probeflächen *Derbholzvorräte* pro ha von 865 bis 1353 m³, im Mittel von etwa 1000 m³. In der typischen, 115 ha umfassenden Abteilung 56 beträgt der durchschnittliche Vorrat pro ha 885 m³, wovon 532 m³ auf die Tanne, 184 m³ auf die Fichte und 169 m³ auf die Buche entfallen. Auch die anderen typischen Urwaldabteilungen weisen Holzvorräte in dieser Grössenordnung auf, so die Abteilung 57 881 m³, die Abteilung 60A 846 m³. Der laufende *Derbholzzuwachs* wurde mit 6,4 bis 8,6 m³ pro ha und Jahr bestimmt. Die *Baumhöhen* erreichen bei der Tanne etwa 48 m, der Fichte 50 m, der Buche zumeist höchstens 40 m, bei einzelnen Bäumen bis 47 m und bei der Aspe 35 m. Einzelne Nadelbäume sind wesentlich höher. So haben

wir in einer windgeschützten Mulde zuverlässig eine Fichte mit 63 m Höhe und 165 cm Brusthöhendurchmesser gemessen, eine andere mit 170 cm Durchmesser und 60 m Höhe. Es handelt sich wohl um die grössten bekannten Fichten Europas. Beachtenswerte Dimensionen erreichen auch andere Baumarten. So massen wir in der Abteilung 58 auf 1280 m ü. M. bei einer Bergulme einen Durchmesser von 153 cm. Nach brieflichen Angaben von *Pintarić* ergab eine sehr vorratsreiche Probefläche mit plenterwaldartiger Struktur folgende

Verteilung des Vorrates nach Stärkeklassen und Zuwachsleistung pro ha

Stärkeklasse cm	Stammzahl	Grundfläche m ²	Derbholz- vorrat m ³	Laufender Zuwachs m ³	Massen- zuwachs- Prozent
10 bis 20	148	2,46	13	0,33	2,5
21 bis 40	98	6,80	73	1,03	1,4
41 bis 60	53	10,84	160	1,61	1,0
61 bis 80	48	18,58	305	2,26	0,7
81 bis 100	39	24,08	392	1,91	0,5
101 bis 120	13	11,78	197	0,83	0,4
121 bis 140	8	11,02	183	0,57	0,3
141 und mehr	1	1,59	30	0,06	0,2
Total	408	87,15	1353	8,60	0,6

Prozentuale Verteilung, der Grundfläche des Vorrates und Zuwachses nach Stärkeklassen

Stärkeklasse cm	Grundfläche %	Derbholzvorrat %	Laufender Zuwachs %
10 bis 20	2,8	1,0	3,8
21 bis 40	7,8	5,4	12,0
41 bis 60	12,5	11,8	18,7
61 bis 80	21,3	22,5	26,3
81 bis 100	27,6	29,0	22,2
101 bis 120	13,5	14,6	9,7
121 bis 140	12,7	13,5	6,6
141 und mehr	1,8	2,2	0,7
Total	100,0	100,0	100,0

Danach entsprechen den 22 Bäumen mit einem Brusthöhendurchmesser über 1 m oder 5 Prozent der Stammzahl aller Bäume über 10 cm Durchmesser 30 Prozent des Vorrates, 28 Prozent der Kreisfläche und 17 Prozent des Zuwachses. Die Zuwachsprozente sind bei dem sehr hohen Vorrat erwartungsgemäss niedrig.

2.12 Beschreibung der Probeflächen

Die *Ausscheidung der Probeflächen*, welche alle im Areal des Tannen-Buchenwaldes liegen und bis 4 ha umfassen, entspricht den folgenden Bestandestypen:

Typ 1: \pm geschlossene, über 100jährige Altholzbestände

Typ 2: aufgelöste Altholzbestände mit einem Vorrat von mehr als der Hälfte des Typs 1 und vorwiegend horstweise verteiltem Jungwald

Typ 3: in Zerfall und Verjüngung begriffene Altholzbestände mit einem Vorrat von weniger als der Hälfte des Typs 1

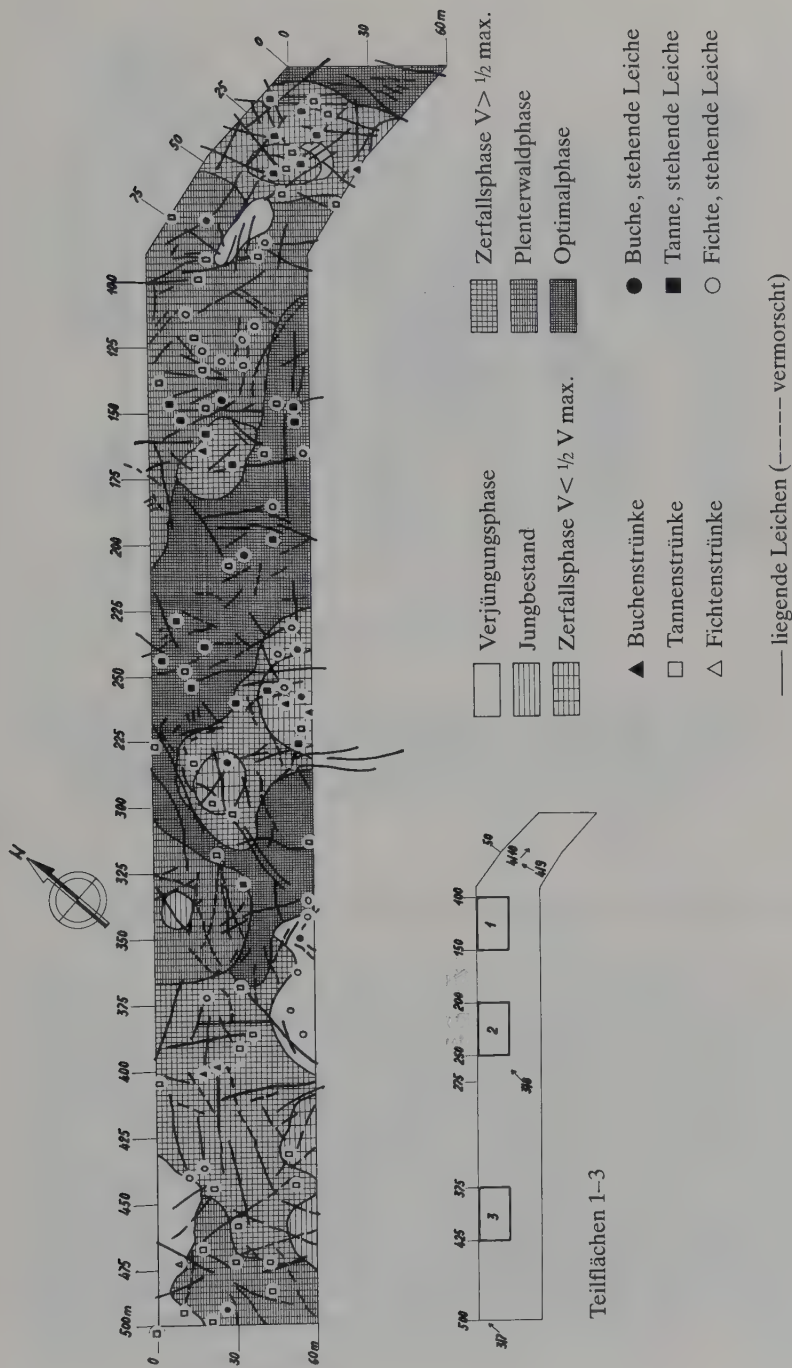
Typ 4: gleichförmiger, bis etwa 40jähriger Jungwald ohne Altholz

Typ 5: gleichförmige, geschlossene 40- bis 100jährige Stangen- und Baumhölzer

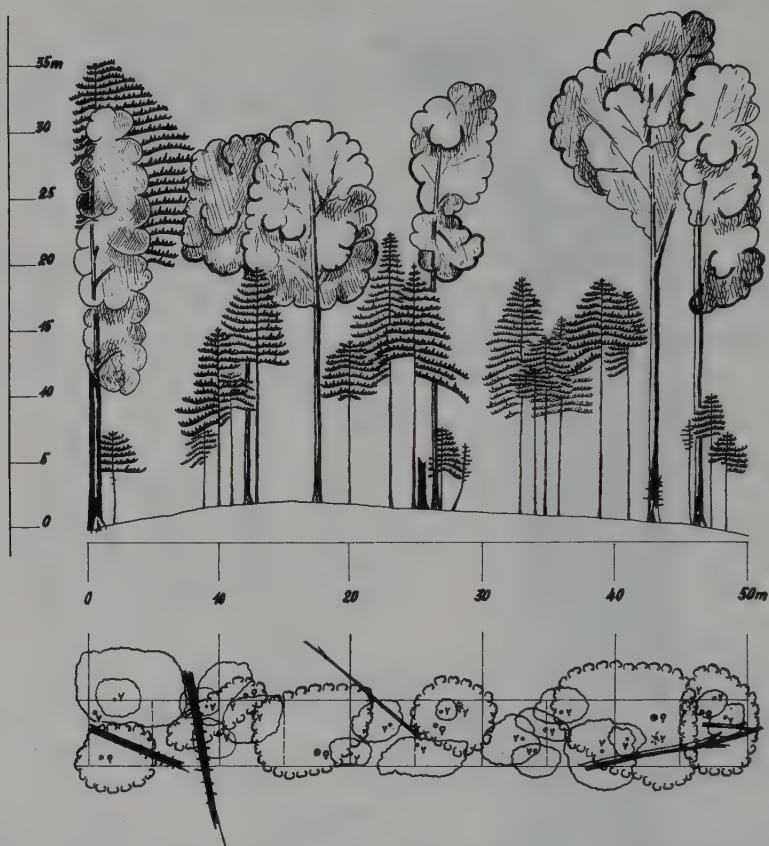
Typ 6: plenterwaldähnliche Bestände

Typ 7: plenterwaldförmige Bestände

Die *Probefläche 1* liegt in den Abteilungen 60/61 an einem mässig geneigten Nordhang in 1250 bis 1270 m ü. M. und umfasst einen der schönsten und typischsten Bestände des Urwaldes. Die Probefläche wurde derart gewählt, dass sie möglichst alle oben genannten Bestandestypen und alle Entwicklungsphasen mit einem dem gesamten Urwald einigermassen entsprechendem Anteil enthält. Die Oberschicht besteht zur Hauptsache aus Tannen mit einzeln und truppweise beigemischten Buchen. Die Fichte und der Bergahorn kommen nur eingesprengt, jedoch in sehr schönen Exemplaren vor. In der Mittel- und Unterschicht sind hauptsächlich Tannen vertreten. Die wenigen Jungwuchsgruppen bestehen vorwiegend aus Buchen mit beigemischten Fichten. Trotz örtlicher Auflösung macht der Bestand gesamthaft einen sehr stabilen Eindruck.

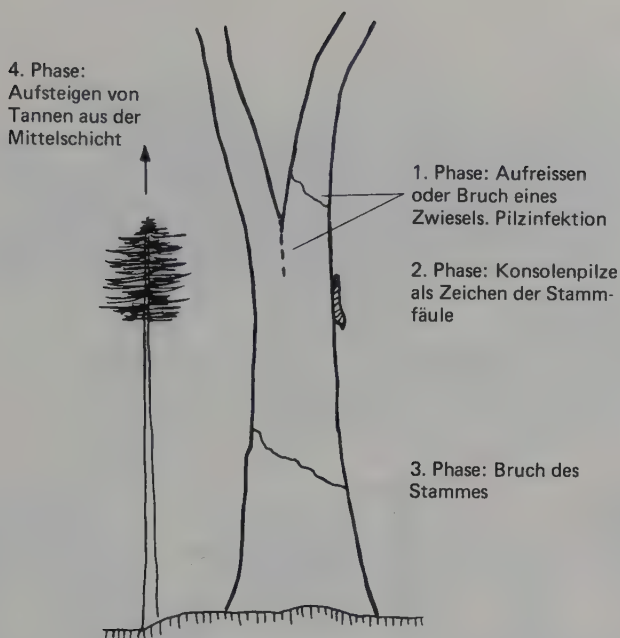


Darstellung 2: Urwald Perućica. Abt. 60/61 Probestfläche 1.



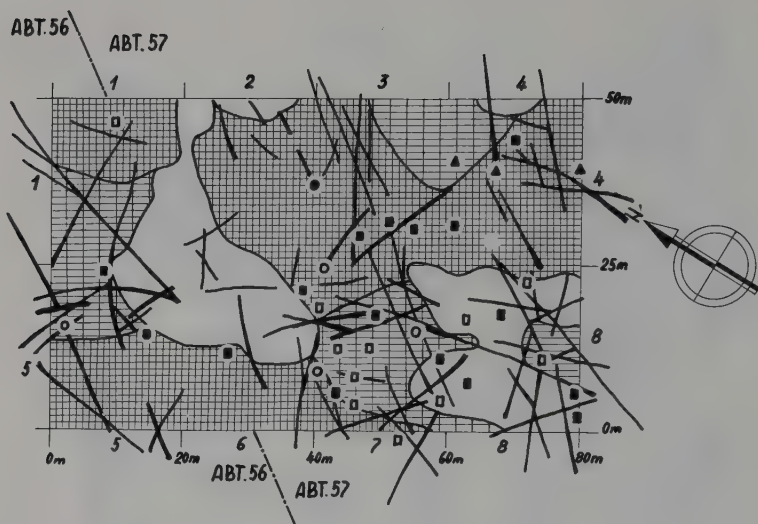
Darstellung 3: Urwald Peručica. Abt. 56 Profilstreifen durch die Probefläche 2.

Die *Probefläche 2* liegt in der Abteilung 56 an einem sanft geneigten Südwesthang in 1270 bis 1280 m ü. M. Die Oberschicht bedeckt etwa 90 Prozent der Fläche und besteht zu 70 Prozent aus Buche und 30 Prozent aus Tanne. Die Fichte kommt nur vereinzelt vor. Die schwach vertretene Mittel- und Unterschicht mit einem Deckungsgrad von je nur 10 bis 20 Prozent bestehen fast ausschliesslich aus Tannen. In der Oberschicht sind örtlich ziemlich viele abgestorbene und absterbende Buchen vorhanden, wobei die Ursache vorwiegend in Pilzinfektionen nach dem Aufreissen und Schneebruch tief angesetzter Zwiesel besteht. Der zeitliche Ablauf ist in der folgenden Skizze angedeutet. Der Bestand stellt einen Übergang der Plenterwaldphase in die Optimalphase dar.



Darstellung 4: Urwald Peručica. Häufiger Ablauf beim Ausscheiden alter Buchen im Urwald.

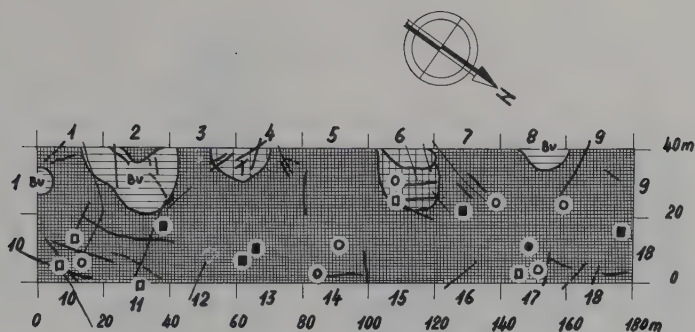
Die *Probefläche 3* liegt in einer flachen, sanft nach Südwesten abfallenden Mulde auf 1240 bis 1260 m ü. M. Der Standort entspricht dem Tannen-Buchenwald mit Haargras (*Elymus europaeus*). Der bis 55 m hohe Bestand mit einem Anteil der Holzmasse von 85 Prozent der Tanne, 13 Prozent der Buche und 2 Prozent der Fichte weist gesamthaft einen Beschirmungsgrad von nur 0,4 auf und befindet sich in der Zerfalls- bzw. Verjüngungsphase. Zahlreiche Tannen sind absterbend oder bereits abgestorben. Die Mittelschicht fehlt praktisch. Die 1 bis 8 m hohe Unterschicht bedeckt etwa ein Drittel der Fläche und besteht hauptsächlich aus Buchen sehr guter Qualität. Die Tanne und Fichte kommen nur eingesprengt vor.



Darstellung 5: Urwald Peručica. Grundriss der Probefläche 3.



Darstellung 6: Urwald Peručica. Profilstreifen durch die Probefläche 3.

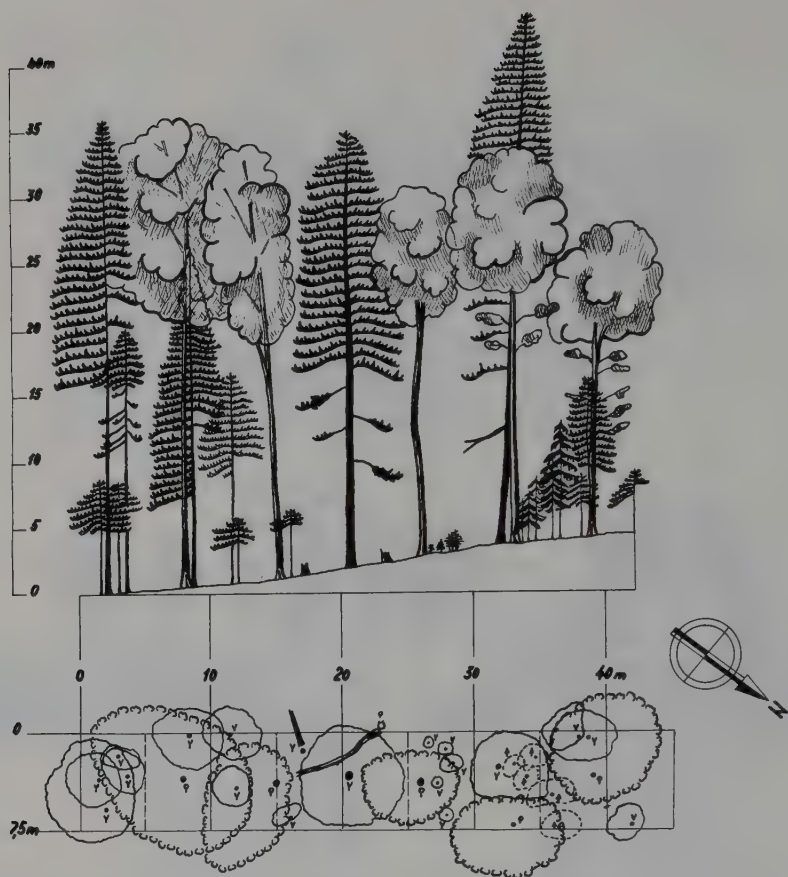


Darstellung 7: Urwald Peručica. Grundriss der Probefläche 4.



Darstellung 8: Urwald Peručica. Profilstreifen durch die Probefläche 4.

Die *Probefläche 4* wurde an einem schwach bis mässig geneigten Nordwesthang in 1310 bis 1340 m ü. M. gewählt. Die Oberschicht erreicht Baumhöhen von etwa 45 m, überschirmt 70 Prozent der Fläche und besteht aus 90 Prozent Tanne, 10 Prozent Buche und einzelnen Fichten. Die bis 30 m hohe Mittelschicht ist spärlich ausgebildet (Beschirmungsgrad unter 0,1) und setzt sich etwa zu gleichen Teilen aus Tanne und Buche zusammen. Die ausschliesslich aus 4 bis 12 m hohen Buchen bestehende Unterschicht besetzt etwa die halbe Fläche. Der Bestand stellt einen Übergang der Optimalphase zur Altersphase dar.



Darstellung 9: Urwald Peručica. Profilstreifen durch die Probefläche 5.

Die *Probefläche 5* liegt an einem steilen, nach unten flach auslaufenden Nordhang in einer mittleren Meereshöhe von 1245 m. Die Oberschicht setzt sich aus 60 Prozent Buche, 40 Prozent Tanne und einzelnen Fichten zusammen und weist einen Beschirmungsgrad von 0,75 auf. Die Mittelschicht besteht aus 80 Prozent Tanne und 20 Prozent Buche. Ihr Beschirmungsgrad beträgt 0,2. Die Unterschicht nimmt ein Viertel der Fläche ein und besteht aus 1 bis 15 m hohen, einzeln und truppweise verteilten Tannen. Fichten und Buchen sind truppweise eingesprengt. Der plenterwaldähnliche Bestand zeichnet sich durch auffallend viele Buchenleichen aus.

2.13 Untersuchungsergebnisse

Die Entwicklungsphasen

Bei der grossen Ausdehnung des Urwaldkomplexes wäre der Zeitaufwand für eine vollständige Kartierung der Entwicklungsphasen zu gross gewesen. Wir begnügten uns daher mit der Aufnahme typischer Probeflächen und Profilstreifen. Abgesehen von einzelnen grösseren Windwurf- und Brandflächen dürften schätzungsweise 40 Prozent der gesamten Urwaldfläche auf die Alters- und beginnende Zerfallsphase entfallen, 10 Prozent auf die Optimalphase, 10 Prozent auf die Plenterwaldphase, 25 Prozent auf die Zerfallsphase und 15 Prozent auf die Verjüngungsphase und Jungwald. Ein gutes Bild von der Waldstruktur gibt die Kartierung der Probefläche 3, die bei der Aufnahme in acht Teilflächen unterteilt wurde.

Die typischen Bestandesstrukturen des Tannen-Buchenwaldes sind in den gezeichneten Profilen dargestellt. Einen guten Eindruck vom Aufbau dieses Urwaldes gibt im übrigen die 3 ha grosse Probefläche 1.

Die Stammzahlen

Die Stammzahlen pro ha der Bäume mit einem Brusthöhendurchmesser über 8 cm sind in den einzelnen Probeflächen sehr ungleich. Sie betragen:

Stammzahlen pro ha der lebenden Bäume in den Probeflächen

Entwicklungsphase	Probe- fläche	Ober- schicht	Mittel- schicht	Unter- schicht	Total
alle Phasen	1	133	73	210	416
frühe Optimalphase	2	208	356	232	796
späte Zerfallsphase	3	120	132	150	402
späte Optimalphase	4	138	75	35	248
Plenterwaldphase	5	162	161	300	623

Abgesehen von der sehr uneinheitlichen Probefläche 1 ergeben die vier übrigen Probeflächen ein interessantes Bild von der Stammzahlenveränderung während des Lebensablaufes. In der Oberschicht weist die Probefläche 2, welche einen Übergang von der Plenterwaldphase zur Optimalphase darstellt, mit 208 Bäumen pro ha die grösste Baumzahl auf. In der Plenterwaldphase (Fläche 5) geht sie auf 162

zurück, in der späten Optimalphase (Fläche 4) auf 138 und in der späten Zerfallsphase (Probefläche 3) auf 120. In der frühen Optimalphase ist die Mittelschicht auffallend stark vertreten (356 Bäume). In der Plenterwaldphase (Fläche 5) geht die Baumzahl der Mittelschicht auf etwa die Hälfte und beim Übergang in die Altersphase (Probefläche 4) sogar auf etwa ein Fünftel zurück, um sich in der Zerfallsphase (Probefläche 3) durch Aufstieg von Bäumen aus der Unterschicht wieder zu erhöhen. Auffallend ist die verhältnismässig starke Vertretung der Unterschicht in der Plenterwaldphase. Dies dürfte einerseits vor allem auf der zwar schwachen, aber kontinuierlichen Ansammlung, anderseits auf der geringen Möglichkeit von Bäumen der Unterschicht zum Aufstieg in die Mittelschicht beruhen. Die starke Zunahme der Unterschicht in der Zerfallsphase ist dagegen durch die Auflösung des Kronenschlusses und die dadurch bewirkte rasche Verjüngung des Bestandes bedingt.

Die Anzahl der stehenden toten und gebrochenen Bäume pro ha mit einem Brusthöhendurchmesser über 8 cm ist allgemein verhältnismässig gross und beträgt in den einzelnen Probeflächen:

Tote Bäume pro ha

Entwicklungsphase	Probe- fläche	total Stämme	in Prozenten der Gesamtzahl der einzelnen Baumarten			
			Ta	Fi	Lbb	alle Baumarten
alle Phasen	1	26	5	22	5	6
frühe Optimalphase	2	84	11	—	6	10
späte Zerfallsphase	3	60	11	50	16	13
späte Optimalphase	4	20	6	—	12	7
Plenterwaldphase	5	45	6	—	9	7

Die Alters- und Zerfallsphase sind vor allem durch einen grossen Anteil toter Fichten und Buchen gekennzeichnet. In der frühen Optimalphase beruht die grosse Anzahl toter Bäume auf der intensiven Ausscheidung.

Wie die folgende Tabelle zeigt, ist in der Plenterwald- und Optimalphase der Anteil toter Bäume in den oberen Stärkeklassen klein (Probeflächen 2, 4, 5) im Unterschied zu den Beständen der späten Optimalphase und Zerfallsphase (Probeflächen 3 und 4).

Prozentualer Anteil der toten Bäume an der Gesamtstammzahl der einzelnen Stärkeklassen

Stärkeklasse	Probefläche				
	1	2	3	4	5
8 bis 16 cm	3	15	9	11	11
16 bis 24 cm	5	7	13	11	4
24 bis 36 cm	12	9	5	—	4
36 bis 52 cm	5	5	25	18	6
52 und mehr cm	8	3	15	5	6

Trotz den durch die zum Teil kleinen Stammzahlen bedingten Unregelmässigkeiten der Prozentzahlen ist doch deutlich erkennbar, dass erwartungsgemäss in den Entwicklungsphasen mit geschlossenen oder plenterwaldartigen Beständen vorwiegend Bäume der geringen Dimensionen ausscheiden, in solchen der Alters- und Zerfallsphase dagegen solche der Oberschicht.

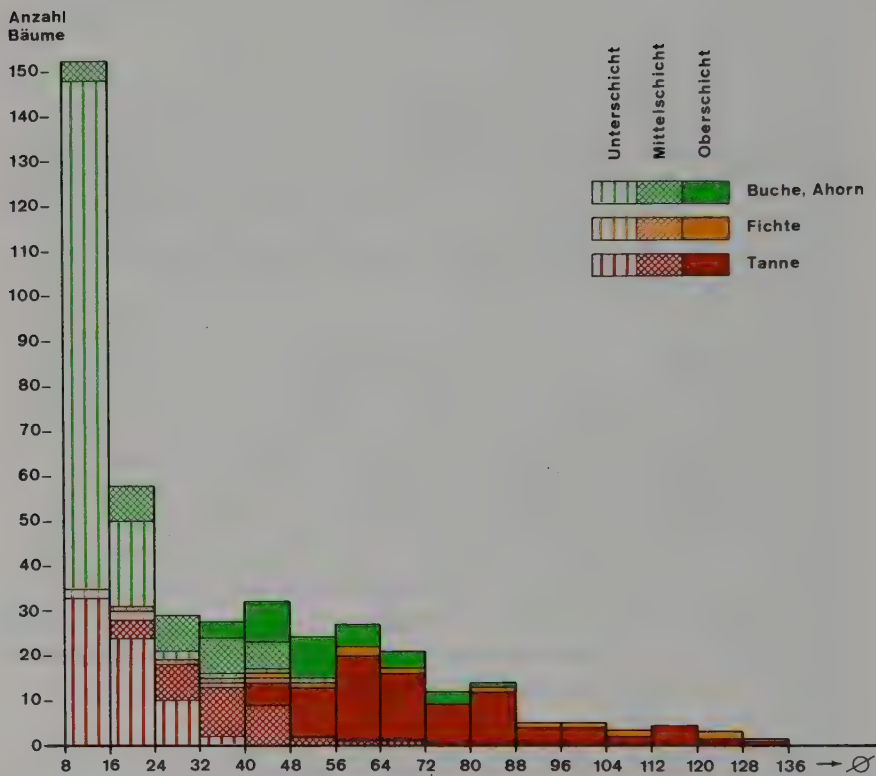
Die *Verteilung der Stammzahlen nach Durchmesserstufen* zeigt für die fünf Probeflächen ein sehr verschiedenes Bild. Die wiederum nach 8-cm-Durchmesserstufen gezeichnete halblogarithmische Darstellung lässt deutlich eine Folge der Entwicklungsphasen erkennen:

Die Probefläche 1 weist gesamthaft eine einigermassen dem Plenterwald entsprechende Stammzahlverteilung auf, immerhin mit einem Mangel im schwachen Baumholz und einem Überschuss im mittleren und starken Baumholz. Es dürfte sich um eine für vorratsreiche Urwälder allgemeine Erscheinung handeln. Die übrigen Probeflächen zeigen deutlich die Phasenfolge von der Plenterwaldphase (Probefläche 5) über die Optimalphase (Probefläche 2) bis zu den Altersphasen (Probefläche 3 und 4).

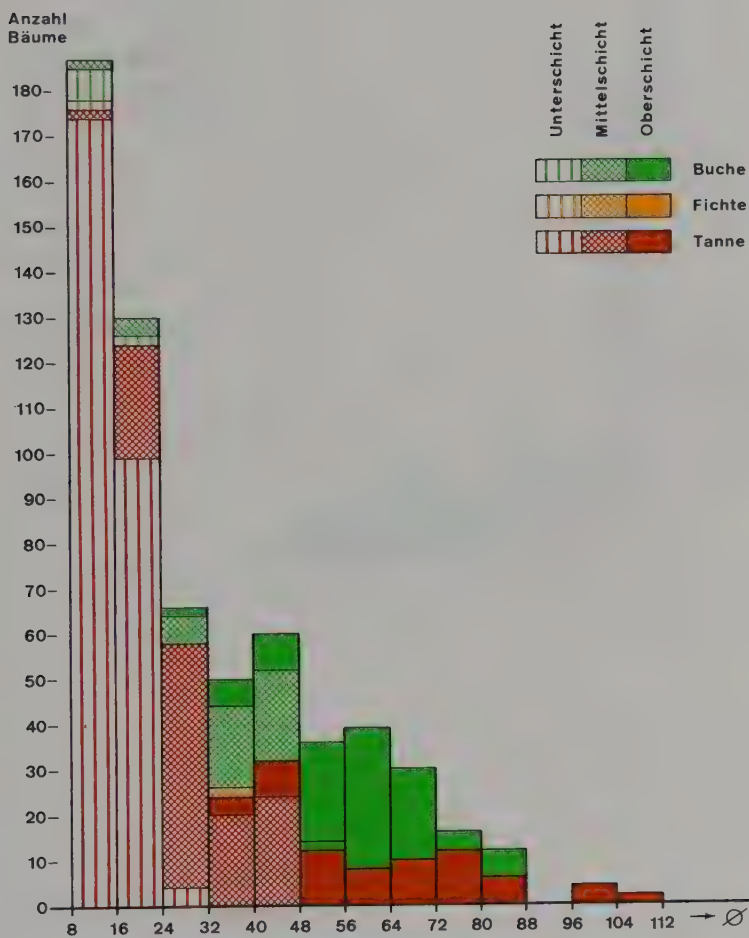
Die *Kreisflächen* bieten erwartungsgemäss das gleiche Bild wie die Holzvorräte. Sie sind auffallend gross und betragen:

Kreisflächen pro ha der lebenden Bäume

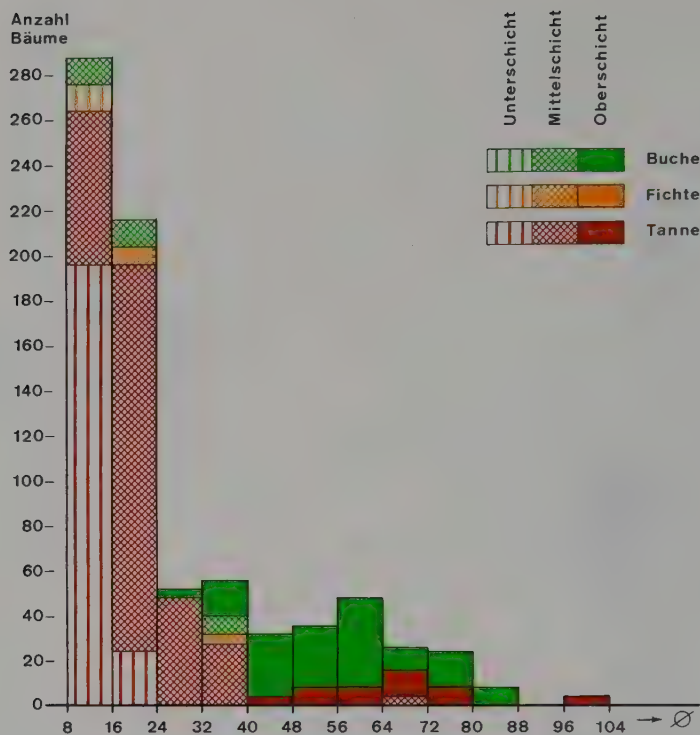
Probefläche 1 (alle Phasen)	67 m ²
Probefläche 2 (frühe Optimalphase)	74 m ²
Probefläche 3 (späte Zerfallsphase)	67 m ²
Probefläche 4 (späte Optimalphase)	80 m ²
Probefläche 5 (Plenterwaldphase)	65 m ²



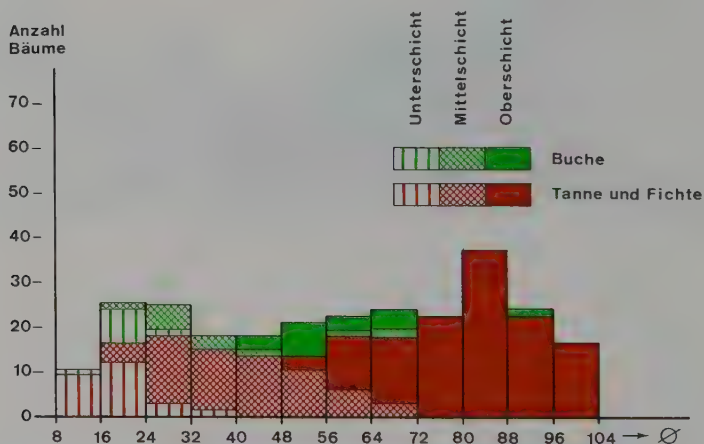
Darstellung 10: Urwald Peručica. Baumzahlen pro ha der Probefläche 1.



Darstellung 11: Urwald Peručica. Baumzahlen pro ha der Probefläche 5.



Darstellung 12: Urwald Peručica. Baumzahlen pro ha der Probefläche 2.



Darstellung 13: Urwald Peručica. Baumzahlen pro ha der Probefläche 4.

Diese Ergebnisse decken sich weitgehend mit späteren Aufnahmen von *Pintarić* (1978). Er hat in sechs auf Meereshöhen von 1100 m bis 1650 m verteilten Probeflächen Kreisflächen pro ha von 63,3 bis 87,2 m², im Mittel von 75,6 m² bestimmt.

Im Vergleich zu den anderen untersuchten Urwäldern und vor allem zu Wirtschaftswäldern des Tannen-Buchenwaldareals erscheinen die Kreisflächen von Peručica allgemein ausserordentlich hoch. Sie sind beispielsweise 40 bis 70 Prozent höher als in den vorratsreichen Plenterwäldern des bernischen Emmentals und in der ziemlich gleichförmigen Probefläche 4 rund 20 Prozent höher als in 120jährigen Ertragstafel-Tannenbeständen bester Bonität.

Die grösste Kreisfläche ist am Ende der Optimalphase (Probefläche 4) und in der frühen Altersphase vorhanden, die kleinste – abgesehen von den zerfallenen Beständen und dem Jungwald – am Anfang der Optimalphase (Probefläche 2). Die Zerfallsphase (Probefläche 3) ist nur durch eine unbedeutende Verminderung der Kreisfläche gekennzeichnet. Sehr hoch ist sie auch in der späten Plenterwaldphase, bzw. frühen Optimalphase (Probefläche 2).

Aufschlussreich sind die *Kreisflächen der einzelnen Bestandesschichten*:

Kreisflächen nach Bestandesschichten

Entwicklungsphasen	Probefläche	Oberschicht m ²	Mittelschicht m ²	Unterschicht m ²
alle Phasen	1	56	7	4
frühe Optimalphase	2	56	15	3
späte Zerfallphase	3	56	9	2
späte Optimalphase	4	69	10	1
Plenterwaldphase	5	47	13	5

Die Plenterwaldphase (Probefläche 5) zeichnet sich durch eine verhältnismässig grosse Kreisfläche der Mittelschicht aus, ebenso die Optimalphase (Probeflächen 2 und 4).

Die einzelnen *Baumarten* sind an der Kreisfläche wie folgt beteiligt:

Prozentualer Anteil der Baumarten an der Kreisfläche der einzelnen Bestandesschichten

Entwicklungsphase	Probe- fläche	Oberschicht 100 %			Mittelschicht 100 %			Unterschicht 100 %		
		Ta	Fi	Lbb	Ta	Fi	Lbb	Ta	Fi	Lbb
alle Phasen	1	73	12	15	56	4	40	45	4	51
frühe Optimalphase	2	28	–	72	87	4	9	96	4	–
späte Zerfallphase	3	74	7	19	81	–	19	96	4	–
späte Optimalphase	4	91	1	8	81	2	17	69	4	27
Plenterwaldphase	5	46	–	54	58	2	40	97	–	3

Der Tannenanteil ist somit in der Mittel- und Unterschicht zumeist kleiner als in der Oberschicht, mit Ausnahme der Probeflächen, in denen die Buche in der Oberschicht stark vertreten ist (Probeflächen 2 und 5). Umgekehrt ist der Buchenanteil in der Mittel- und Unterschicht verhältnismässig gross in den Flächen mit einem grossen Anteil der Tanne in der Oberschicht. Der Anteil der Fichte ist allgemein in allen Schichten klein.

Innerhalb der Probefläche 1 wurden drei typische Teilflächen von je 0,15 ha und in der Probefläche 3 acht Teilflächen von je 5 a noch getrennt aufgenommen. Diese Teilflächen erlauben Mittelwerte der *Kreisflächen für typische, kleinflächige Entwicklungsphasen* anzugeben. Diese betragen für die Optimal- und Altersphase 74 bis 80 m², für die Zerfallsphase 43 bis 61 m², für die Plenterwaldphase 56 m² und für die Verjüngungsphase 43 m². Die bereits gemachten Angaben über die Erscheinung eines gewissen Baumartenwechsels werden durch diese Teilaufnahmen bestätigt. Teilflächen mit einem grossen Tannenanteil in der Oberschicht weisen in der Mittel- und Unterschicht verhältnismässig viele Buchen auf und umgekehrt. Der geringe Fichtenanteil der Mittel- und Unterschicht wird auch durch die Aufnahmen in den Teilflächen bestätigt und dürfte hauptsächlich auf den Lichtverhältnissen beruhen.

Baumhöhen und Massentarife

Die Messungen der Baumhöhen wurden für die einzelnen Probeflächen und Bestandesschichten getrennt durchgeführt. Die danach errechneten Mittelhöhen der einzelnen Bestandesschichten betragen:

Mittelhöhen der Bestandesschichten
(gemeinsam für alle Baumarten mit Durchmesser über 4 cm)

Entwicklungsphase	Probe- fläche	Ober- schicht m	Mittel- schicht m	Unter- schicht m
alle Phasen	1	37,9	22,0	12,4
frühe Optimalphase	2	34,8	19,1	8,3
späte Zerfallsphase	3	46,7	22,6	8,8
späte Optimalphase	4	38,8	23,2	(wenig Bäume)
Plenterwaldphase	5	33,4	19,7	7,3

Trotz der verschiedenen *Mittelhöhen* der Oberschicht zeigte die Auswertung, dass kaum wesentliche Bonitätsunterschiede bestehen und dass die zum Teil beträchtlichen Höhenunterschiede auf der verschiedenen Bestandesstruktur und dem ungleichen mittleren Alter der Bäume beruhen.

In den Probeflächen wurden die folgenden *Maximalhöhen* gemessen:

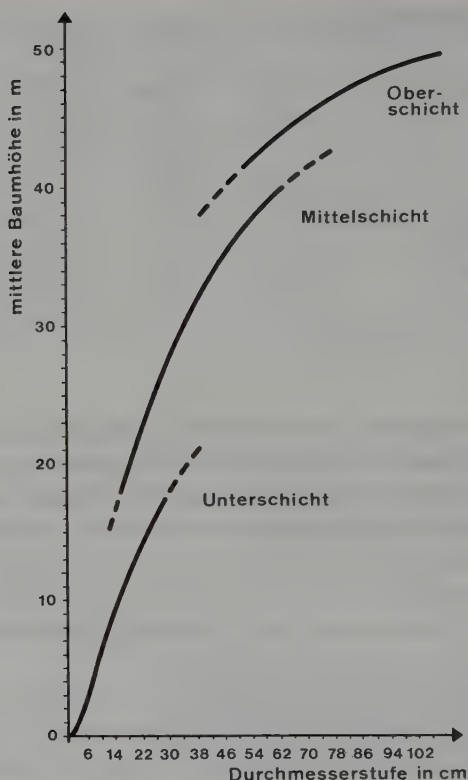
Fichte Durchmesser 130 cm Höhe 60 m
Tanne Durchmesser 110 cm Höhe 52 m
Buche Durchmesser 86 cm Höhe 44 m

Ausserhalb der Probeflächen wurden, wie bereits früher erwähnt, einzelne grössere Bäume festgestellt.

Die *Höhenkurven* der Bäume der einzelnen Bestandesschichten zeigen erhebliche Unterschiede, namentlich bei der Tanne. Im Überschneidungsbereich der Durchmesser der einzelnen Schichten betragen die ausgeglichenen Mittelhöhen der Tannen:

Mittelhöhe und Schlankheitsgrad der Tannen

Durchmesser cm	Mittelhöhe m			Schlankheitsgrad		
	Unter- schicht	Mittel- schicht	Ober- schicht	Unter- schicht	Mittel- schicht	Ober- schicht
14	10,5	19,0	—	75	136	—
22	15,8	25,2	—	72	114	—
42	—	32,2	37,7	—	77	90
54	—	37,3	41,4	—	69	77



Darstellung 14: Urwald Peručica. Mittelhöhen der Tanne.

Der *Schlankheitsgrad* schwankt somit vor allem in den unteren Durchmesserstufen in einem sehr weiten Bereich. Er nimmt mit zunehmendem Durchmesser ab, erhöht sich jedoch allgemein bei Bäumen gleicher Durchmesserstufe mit der Verbesserung der gesellschaftlichen Stellung. Darin unterscheiden sich die Urwaldbestände erheblich vom gleichförmigen Hochwald. Die Verhältnisse entsprechen viel eher dem Plenterwald.

Bei der Erstellung der *Höhenkurven* wurden trotz der erwähnten Unterschiede sämtliche Messungen zusammengefasst, um die Berechnungen zu erleichtern. Dies erschien zudem zulässig, weil die Bäume mit geringem Durchmesser nur einen kleinen Anteil am Holzvorrat

aufweisen. Die Mittelwerte ergaben bereits gut ausgeglichene Kurven, welche erkennen lassen, dass es sich für alle drei Hauptbaumarten um Standorte handelt, welche unseren besten Plenterwaldstandorten entsprechen (z. B. Dürstrütiwald bei Langnau i. E.).

Bei der Aufstellung der *Derbholz-Massentarife* wurden die Brusthöhen-Formzahlen nach *Flury* verwendet (Tanne, Plenterwald; Buche, Hochwald). Für die Fichte wurde der Tannentarif verwendet, da der geringe Fichtenanteil in den Probeflächen nicht erlaubt hätte, einen besonderen Tarif aufzustellen. Die ausgeglichenen Tarife sind nachstehend graphisch dargestellt.

Der Holzvorrat

Der Derbholzvorrat pro ha der einzelnen Probeflächen beträgt:

Derbholzvorrat pro ha

Entwicklungsphase	Probefläche	lebende Bäume		tote Bäume		Total m ³
		m ³	%	m ³	%	
alle Phasen	1	1038	91	97	9	1135
frühe Optimalphase	2	1118	97	38	3	1156
späte Zerfallsphase	3	1047	82	222	18	1269
späte Optimalphase	4	1294	95	72	5	1366
Plenterwaldphase	5	980	93	69	7	1049

Die Probefläche 1, welche verschiedene Entwicklungsphasen umfasst, weist einen dem Durchschnitt der übrigen Probeflächen gut entsprechenden Vorrat auf. Ebenso entspricht in ihr der Anteil der toten Bäume dem Mittelwert. Die überaus hohen Holzvorräte der übrigen Probeflächen lassen trotz der verhältnismässig geringen Unterschiede charakteristische Merkmale erkennen: Der Anteil der toten Bäume an der Gesamtmasse beträgt in der Plenterwald- und Optimalphase nur 3 bis 7 Prozent, steigt dann aber in der Zerfallsphase auf 18 Prozent an. Die Plenterwald- und Optimalphase sind im weiteren gekennzeichnet durch einen grossen Anteil der Laubbäume (Probefläche 2 = 64 Prozent der Masse der lebenden Bäume, Probefläche 5 = 53 Prozent der Masse der lebenden Bäume). In der Alters- und beginnenden Zerfallsphase ist dagegen der Laubbaumanteil verhältnismässig klein (Probefläche 3 = 21 Prozent, Probefläche 4 = 10 Prozent).

Dies deutet darauf hin, dass die Laubbäume in der Altersphase früher und rascher ausfallen als die Nadelbäume. Diese Erscheinung geht auch aus der folgenden Tabelle hervor:

Prozentualer Anteil der einzelnen Baumarten am Holzvorrat

Entwicklungsphase	Probe- fläche	lebende Bäume 100%			tote Bäume 100%		
		Ta	Fi	Lbb	Ta	Fi	Lbb
alle Phasen	1	70	12	18	43	35	22
frühe Optimalphase	2	35	1	64	65	—	35
späte Zerfallsphase	3	73	6	21	64	17	19
späte Optimalphase	4	89	1	10	81	—	19
Plenterwaldphase	5	47	—	53	74	—	26

Der verhältnismässig kleine Anteil der toten Laubbäume beruht zur Hauptsache auf ihrem raschen Zerfall.

Obwohl wir uns bemüht haben, die Probeflächen 2 bis 5 derart festzulegen, dass sie nach Möglichkeit einigermaßen homogene Bestände umfassen, zeigt eine Aufteilung erhebliche Unterschiede. Um diese Unterschiede zu erfassen, wurden die Probeflächen 1, 3 und 4 weiter unterteilt.

In der *Probefläche 1* wurden drei Teilflächen zu je 15 a derart ausgeschieden, dass die Teilfläche 1 vollständig die Plenterwaldphase umfasst, die Teilfläche 2 die Optimalphase und die Teilfläche 3 die Altersphase. Die auf 1 ha umgerechneten Holzvorräte der lebenden Bäume dieser Teilflächen betragen:

Holzvorräte pro ha von Teilflächen der Probefläche 1

Teilfläche	lebende Bäume		tote Bäume		total m ³
	m ³	%	m ³	%	
1.1 Plenterwaldphase	765	79	208	21	973
1.2 Optimalphase	1380	90	147	10	1527
1.3 Altersphase	1224	91	117	9	1341

Für die Plenterwaldphase ist der grosse Massenanteil der toten Bäume kennzeichnend. Die plenterwaldartige Struktur ist somit weitgehend durch das zeitlich gestaffelte Ausscheiden starker Bäume bedingt.

Vom Holzvorrat der lebenden Bäume entfallen in der Plenterwaldphase (Teilfläche 1.1) 36 Prozent auf die Buche und 64 Prozent auf die

Tanne, in der Optimalphase (Teilfläche 1.2) dagegen nur 4 Prozent auf die Buche und 96 Prozent auf die Tanne. In der Altersphase (Teilfläche 1.3) ist die Buche mit 18 Prozent, die Tanne mit 82 Prozent des Vorrates vertreten. Auch in anderen Urwäldern, so in Dobroč, stellen wir in der Plenterwaldphase einen hohen Buchenanteil fest. Der verhältnismässig grosse Buchenanteil in der Altersphase der Probefläche 1.3 stellt eher eine Ausnahme dar. Er ist vor allem dadurch verursacht, dass der lockere Bestandesschluss Buchen der Mittelschicht das Aufsteigen in die Oberschicht erlaubt hat.

Aufschlussreich ist die *Verteilung des lebenden Holzvorrates auf die Stärkeklassen*:

Prozentuale Verteilung des Holzvorrates der Probefläche 1 auf die Stärkeklassen

Teilfläche	Stärkeklasse cm					
	8–16	16–24	24–36	36–52	52–72	72 u. m.
1.1 Plenterwaldphase	0,8	4,1	14,0	40,5	20,2	20,4
1.2 Optimalphase	0,1	1,0	2,1	5,4	26,7	64,7
1.3 Altersphase	0,3	0,6	0,8	4,5	18,2	75,6

Es zeigt sich, dass der Unterschied zwischen der Optimal- und der Altersphase weniger in der Vorratshöhe, als in der Vorratsstruktur zum Ausdruck gelangt. In der Altersphase ist der Anteil der unteren Stärkeklassen sehr klein, derjenige der Bäume mit einem Brusthöhendurchmesser über 72 cm dagegen ausserordentlich hoch. Verglichen mit gut aufgebauten Plenterwäldern vergleichbarer Standorte (*Leibundgut*, 1945) lässt auch die Plenterwaldphase des Urwaldes einen verhältnismässig geringen Anteil der schwachen Bäume erkennen: Während im Urwald Peručica die Stärkeklassen 16 bis 24 cm und 24 bis 36 cm ungefähr gleich wie in vorratsreichen Wirtschafts-Plenterwäldern vertreten sind, ist der Anteil der Stärkeklasse 8 bis 16 cm gering, derjenige der Stärkeklasse 36 bis 52 cm gross. Dagegen sind die Starkhölzer mit 52 und mehr cm Durchmesser eher schwächer vertreten als in vorratsreichen Plenterwäldern. Dies bestätigt den Eindruck, wonach die Plenterwaldphase hauptsächlich auf einem allmählichen Ausfall des Starkholzes in der Altersphase beruht.

In der *Probefläche 3* (späte Zerfallsphase) wurden acht kleine Teilflächen von je 5 a näher analysiert, um einen besseren Einblick in den Auflösungsprozess zu erhalten. Die Unterteilung erfolgte schema-

tisch ohne Rücksicht auf die örtliche Verfassung des Bestandes. Bei einem mittleren lebenden Derbholtzvorrat pro ha der Probefläche von 1047 m³ schwankt der Vorrat der Teilflächen beträchtlich zwischen 538 m³ und 1370 m³, der Anteil der toten Bäume am Gesamtvorrat zwischen 0 und 46 Prozent, was selbstverständlich auch durch die Kleinheit der Teilflächen verursacht ist. Trotzdem sind gewisse Zusammenhänge deutlich zu erkennen. Erwartungsgemäss ist der Anteil der toten Bäume am grössten auf der Teilfläche 3.7 mit dem kleinsten Vorrat. Im übrigen bestehen auch zwischen den andern Teilflächen erhebliche Unterschiede, was die kleinflächige Inhomogenität des Bestandes beleuchtet.

Holzvorräte pro ha in der Probefläche 3

Teilfläche	lebende Bäume		tote Bäume		total m ³
	m ³	%	m ³	%	
3.1	1156	100	4	—	1160
3.2	1363	96	53	4	1416
3.3	964	72	383	28	1347
3.4	1236	77	377	23	1613
3.5	1085	83	251	17	1336
3.6	1370	99	17	1	1387
3.7	538	54	451	46	989
3.8	661	73	246	27	907

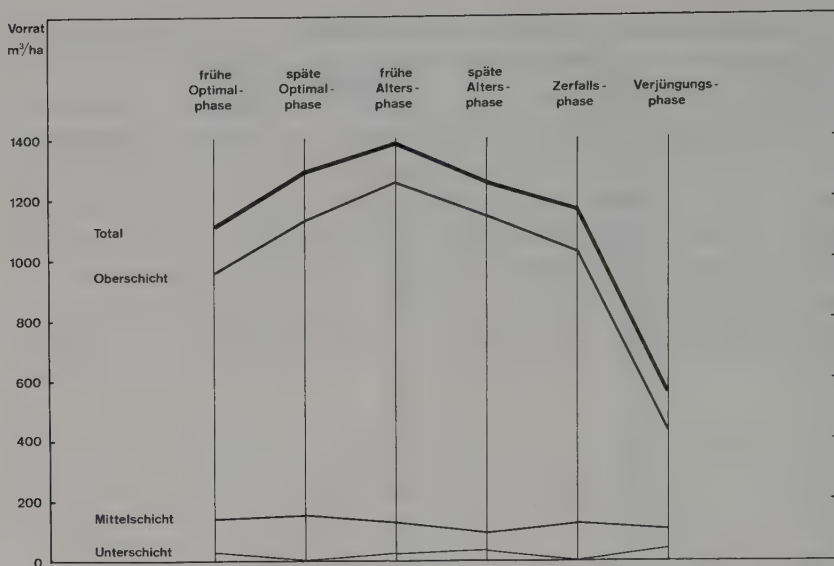
Die grossen Vorratsunterschiede beruhen nur zum geringen Teil auf der Baumartenmischung, indem der Buchenanteil unabhängig von der Vorratshöhe der Teilflächen zwischen 0 Prozent (Teilfläche 3.1) und 45 Prozent (Teilfläche 3.4) schwankt. Das gleiche gilt für den Fichtenanteil, der sich ausschliesslich auf die Oberschicht beschränkt und der in der vorratsreichen Teilfläche 3.6 35 Prozent erreicht, in den übrigen Teilflächen dagegen ganz unbedeutend bleibt. Immer wieder wird die Feststellung *Rubners* bestätigt, wonach im Urwald allein der Wechsel «konstant» ist.

Ebenso wurde die *Probefläche 4* unterteilt und eingehend analysiert. In der 72 a umfassenden Probefläche wurden schematisch 18 Teilflächen ausgeschieden. Obwohl die meisten Teilflächen der Optimalphase zuzuordnen sind, unterscheiden sich ihre Holzvorräte sehr stark. Die folgende Zusammenstellung beleuchtet auch für die Optimalphase die örtlichen Unterschiede.

Lebender Holzvorrat in den Teilflächen der Probefläche 4

Teilfläche	lebender Holzvorrat pro ha m ³	Prozentuale Verteilung		
		Ober- schicht	Mittel- schicht	Unter- schicht
4.1	1368	100	—	—
4.2	739	88	12	—
4.3	1572	75	25	—
4.4	1870	90	10	—
4.5	849	100	—	—
4.6	1696	95	5	—
4.7	830	84	16	—
4.8	1546	90	9	1
4.9	1263	65	30	5
4.10	1140	82	18	—
4.11	1812	87	13	—
4.12	1786	91	9	—
4.13	1665	98	2	—
4.14	294	100	—	—
4.15	753	79	18	3
4.16	1348	100	—	—
4.17	938	—	100	—
4.18	1580	92	8	—

Obwohl, wie bereits früher erwähnt, die Vorratsunterschiede zum grossen Teil auf der Kleinheit der Teilflächen beruhen, bestätigen sie aber dennoch die Inhomogenität selbst ausgesuchter, möglichst einheitlicher Bestände. Diese zeigen sich auch in den beträchtlichen Unterschieden des Anteils der Mittelschicht am Vorrat. Die Fichte fehlt in der Mittelschicht praktisch in der ganzen Probefläche vollständig. Ebenso fehlt in vielen Teilflächen die Buche. Sie ist einzig in der vorratsarmen Teilfläche 4.14 mit 84 Prozent des Vorrates vertreten, in der Teilfläche 4.6 mit 40 Prozent und in der Teilfläche 4.15 mit 37 Prozent. Ein Zusammenhang zwischen Vorratsgrösse und Anteil der Mittel- und Unterschicht ist in diesen kleinen Teilflächen nicht erkennbar, was zweifellos zum Teil auf den ungleichen Einfall des Seitenlichtes zurückzuführen ist. Mit wenigen Ausnahmen und ohne Unterschied auf die Baumartenmischung beträgt der Anteil der Oberschicht am Holzvorrat über 85 Prozent.



Darstellung 15: Urwald Peručica. Verteilung des Derbholzvorrates auf die Bestandesschichten.

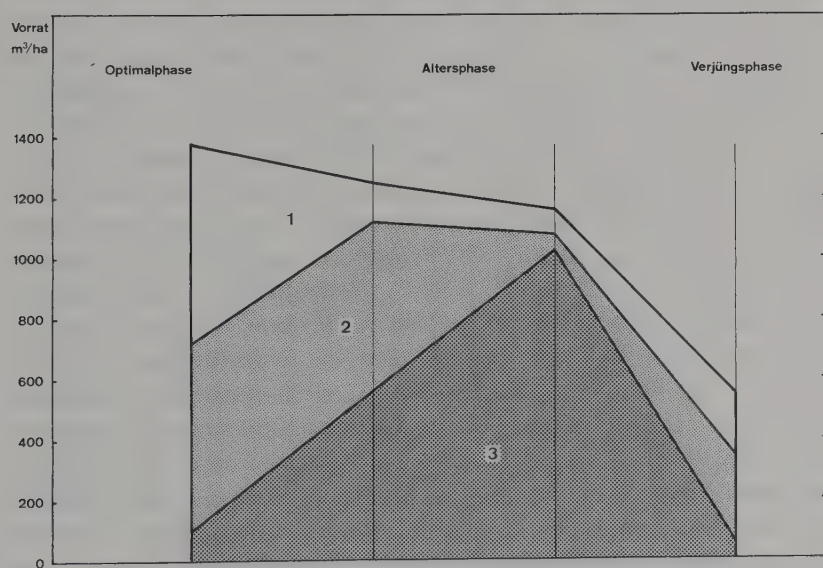
Die Vitalität und dynamische Tendenz

Bei sämtlichen Bäumen der fünf Probeflächen wurden die Vitalität und dynamische Tendenz gutachtlich beurteilt und danach Mittelwerte für die Tanne und Buche getrennt nach Bestandesschichten berechnet. Bei der Fichte war die Baumzahl für die Berechnung von Mittelwerten im allgemeinen zu gering.

Mittelwerte der Vitalität

Entwicklungsphase	Probe- fläche	Oberschicht		Mittelschicht		Unterschicht	
		Ta	Bu	Ta	Bu	Ta	Bu
alle Phasen	1	13,7	19,1	13,5	12,5	17,1	15,0
frühe Optimalphase	2	18,9	18,6	18,3	—	24,2	—
späte Zerfallsphase	3	17,9	20,0	13,3	10,0	15,4	—
späte Optimalphase	4	20,2	20,0	20,0	20,0	—	20,0
Plenterwaldphase	5	19,0	20,0	17,3	10,0	20,0	—

Bei der Tanne wie bei der Buche sind die Bäume der Mittelschichten im allgemeinen am vitalsten. Bei den Bäumen der Oberschicht ist die Vitalität dagegen wohl altersbedingt deutlich geringer. Um so mehr fällt die scheinbar wieder bessere Lebenskraft der Tanne und der Buche in der Zerfallsphase auf. Diese Feststellung dürfte in erster Linie darauf zurückzuführen sein, dass die vielen kümmernden Bäume der Altersphase in der Zerfallsphase rasch absterben, so dass die noch verbleibenden Bäume durchschnittlich vitaler erscheinen. Es handelt sich somit weniger um eine tatsächliche Zunahme der Lebenskraft. Immerhin werden wir später darauf hinweisen, dass die Jahrringbreiten der Tannen in der Zerfallsphase wieder etwas zunehmen. In der Unterschicht dürfte die verhältnismässig geringe Vitalität auf der starken Überschirmung beruhen.



Darstellung 16: Urwald Peručica. Anteil der Bäume verschiedener Entwicklungstendenz am Holzvorrat.

Erwartungsgemäss besteht ein deutlicher Zusammenhang zwischen Vitalität und *Entwicklungstendenz*, indem vitale Bäume in der Regel auch ein verhältnismässig gutes Höhenwachstum aufweisen. Die kleinen Baumzahlen der einzelnen Teilflächen ergaben immerhin im allgemeinen keine statistisch gesicherten Unterschiede, so dass auf die Wiedergabe der Zahlen verzichtet wird.

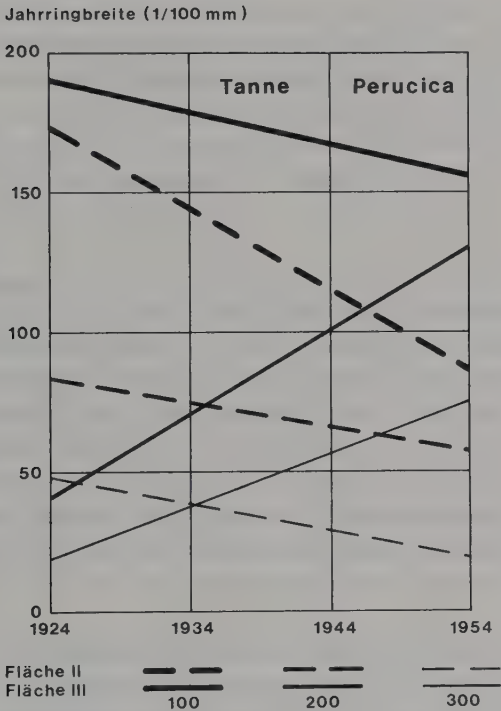
Der Durchmesserzuwachs

In allen Probeflächen und soweit erforderlich in den unmittelbar angrenzenden Beständen wurden von allen Baumarten und Baumklassen Bohrspäne entnommen. Insgesamt wurden rund 7000 Jahrringe gemessen, so dass wir eine gute Grundlage sowohl für die Berechnung von Regressionen des Durchmesserzuwachses als auch des Kreisflächen- und Massenzuwachses erhielten.

Die mittleren *Jahrringbreiten* zeigen erwartungsgemäss grosse, offensichtlich witterungsbedingte Schwankungen, die bei Fichte und Tanne im allgemeinen gut übereinstimmen. Bei der Buche treten dagegen Abweichungen auf, was darauf schliessen lässt, dass die Witterungseinflüsse in der Peručica auf die beiden Nadelbaumarten zum Teil anders als auf die Buche wirken. Der Jahrringverlauf wurde für die 30jährige Periode 1925 bis 1954 bei 97 Tannen und 50 Buchen der Oberschicht auch mit Hilfe der Methode des Vorjahresvergleichs untersucht. Gleichgerichtete Abweichungen von ihren durchschnittlichen Schwankungsbereichen (Tanne ± 11 Prozent, Buche ± 8 Prozent) zeigten im selben Jahr beide Baumarten nur in zwei Fällen: 1928 (Tanne -16 Prozent, Buche -13 Prozent, Minus-Jahr) und 1948 (Tanne $+19$ Prozent, Buche $+10$ Prozent, Plus-Jahr). Die höchsten Abweichungen wurden jedoch nicht gleichzeitig bei beiden Baumarten registriert: für die Tanne -24 Prozent im Jahr 1942 und $+36$ Prozent im Jahr 1930, für die Buche -22 Prozent in den Jahren 1938 und 1947 sowie $+19$ Prozent im Jahr 1943. Der Gegenläufigkeitsanteil sank in diesen Extremjahren bei der Tanne auf 20 Prozent (1942) und 19 Prozent (1930), während dieser bei der Buche immer noch 32 Prozent in den Jahren 1943 und 1947 sowie 28 Prozent im Jahr 1932 betrug.

Zur Erfassung eines längerfristigen Trends wurden für die Periode 1924 bis 1954 die Regressionsgeraden der mittleren Jahrringbreiten

berechnet. Diese Berechnungen zeigen Gesetzmässigkeiten und Unterschiede sowohl für den Wachstumsverlauf der einzelnen Bestandesschichten als auch der einzelnen Baumklassen und verschiedenen Probeflächen. Die Auswertungen erfolgten getrennt nach Bestandesschichten, Stärkeklassen, Vitalitätsgraden und Entwicklungstendenzen.



Darstellung 17: Urwald Peručica. Jahrringbreiten der Tanne.

Deutliche Zusammenhänge ergaben sich bei der *Tanne* vorerst zwischen Vorratshöhe und durchschnittlicher Jahrringbreite. Die grössten lebenden Holzvorräte wurden bestimmt beim Übergang der Optimalphase in die Altersphase (Probefläche 4) und demjenigen der Plenterwaldphase in die Optimalphase (Probefläche 2). In diesen Flä-

chen ist bei der Tanne der Durchmesserzuwachs am kleinsten. Bei den verhältnismässig kleinen Holzvorräten der Plenterwaldphase (Probefläche 5) und der Zerfallsphase (Probefläche 3) ist er bei der Tanne dagegen in allen Schichten verhältnismässig gross.

Bei der *Fichte* lassen die nur kleinen Stammzahlen nicht so deutliche Zusammenhänge erkennen. Die Zuwachsgrössen sind zudem bei den einzelnen Bäumen je nach deren Vitalität stark verschieden. Eine deutliche Abhängigkeit von der Entwicklungsphase zeigt sich dagegen beim Zuwachstrend, auf den später hingewiesen wird.

Bei der *Buche* ist auffallend, dass im Unterschied zur Tanne sowohl in der Plenterwaldphase als namentlich in der Zerfallsphase der Durchmesserzuwachs in allen Schichten gering ist. Wie bereits früher festgestellt wurde, scheiden in diesen Phasen viele Buchen aus. Bemerkenswert ist bei der Buche der grosse Durchmesserzuwachs in der Optimalphase.

Aufschlussreicher als die Grösse des Durchmesserzuwachses ist dessen Trend während der letzten 30 Jahre. Bei der *Tanne* aller Bestandesschichten ist der Abfall am grössten bei den verhältnismässig grossen Jahrringbreiten der Bäume in der Plenterwaldphase. Die geringste Abnahme zeigt sich in der Alters- und Zerfallsphase. Diese Erscheinungen erklären sich zum Teil aus der bereits früher erwähnten Feststellung, wonach die Jahrringbreiten mit zunehmendem Vorrat abnehmen (Plenterwaldphase), bei abnehmendem Vorrat dagegen eher grösser werden. Ausserdem kann bei kleinen Jahrringbreiten auch die absolute Abnahme nicht gross sein.

Bei der *Fichte* ist bemerkenswert, dass die Bäume der Mittel- und Unterschicht in der Plenterwaldphase einen steigenden Zuwachs aufweisen. Dies beruht hauptsächlich darauf, dass die Fichte vorwiegend in Bestandeslücken vorhanden ist und daher hinreichend Licht erhält.

Bei der *Buche* der Oberschicht ist der Zuwachsabfall im Unterschied zur Tanne am grössten in der Alters- und Zerfallsphase, am kleinsten in der Plenterwaldphase. Dies bestätigt die frühere Feststellung, wonach die überalterten Buchen in der Alters- und Zerfallsphase grossenteils rasch ausscheiden. Bei den Buchen der Mittel- und Unterschicht bestehen ausserordentlich grosse individuelle Unterschiede,

so dass ein allgemeiner Trend nicht deutlich wird. Dies darf jedenfalls zum Teil auf die ausserordentlich grossen Altersunterschiede der Buchen dieser Bestandesschichten zurückgeführt werden, zur Hauptsache aber auf die örtlich ungleichen Lichtverhältnisse, unter denen die Buchen zu gedeihen vermögen.

Nach *Stärkeklassen* geordnet zeigen sich bei der Fichte und Buche im Durchmesserzuwachs besonders grosse individuelle Unterschiede, so dass Gesetzmässigkeiten kaum zu erkennen sind. Auch dies dürfte zum Teil auf den grossen Altersunterschieden innerhalb der gleichen Bestandesschicht beruhen, welche sich offensichtlich viel stärker als bei der Tanne auswirken. Im allgemeinen weisen aber die vitalen Bäume der oberen Stärkeklassen auch die grössten Jahrringbreiten auf.

Bei der Tanne sind Gesetzmässigkeiten deutlicher zu erkennen: In der Plenterwaldphase nehmen die mittleren Jahrringbreiten mit dem Durchmesser stetig zu, wobei sogar noch die Stärkeklasse 52 bis 72 cm einen stark steigenden Trend aufweist, so dass die grössten Jahrringbreiten bei Bäumen mit einem Durchmesser von mehr als 72 cm festzustellen sind. In der Altersphase nimmt dagegen der Radialzuwachs bis in die Stärkeklasse 36 bis 52 cm zu. Den grössten Zuwachs weisen daher Tannen der Stärkeklasse 52 bis 73 cm auf. In der Zerfallsphase ist vor allem der deutlich ansteigende Trend in der Stärkeklasse 8 bis 16 cm auffallend.

Bei der *Buche* weisen in der Plenterwaldphase ebenfalls die stärksten Bäume durchschnittlich den grössten Zuwachs auf, wobei immerhin grosse individuelle Unterschiede festzustellen sind.

In den verschiedenen *Vitalitätsklassen* sind die errechneten Unterschiede in den Jahrringbreiten bei der Tanne der Oberschicht undeutlich, was hauptsächlich mit einer gewissen Unsicherheit der Vitalitätsansprache bei den hohen Bäumen zusammenhängen dürfte. Dagegen treten in der Mittel- und Unterschicht deutliche Vitalitätsunterschiede hervor. Vor allem ist die stark steigende Tendenz der Jahrringbreiten bei der Tanne der Mittel- und Unterschicht in der Zerfallsphase kennzeichnend.

Der Kreisflächenzuwachs

Zur Berechnung des Kreisflächenzuwachses als einigermaßen genau bestimmbare Grösse dienten die bereits im Abschnitt über den Durchmesserzuwachs erwähnten Bohrspantenahmen. Die Berechnungen erfolgten nach Schichten, Vitalitätsklassen und Entwicklungstendenzen getrennt. Bei der Auswertung konnten deshalb die in den folgenden Tabellen aufgeführten Ergebnisse nach Baumklassen für verschiedene Probeflächen zusammengefasst werden.

Jährliches Kreisflächenzuwachsprozent der Tanne verschiedener Vitalität während den letzten zehn Jahren

Vitalitätsstufe	Oberschicht %	Mittelschicht %	Unterschicht %
10	0,8	1,5	2,4
20	0,6	0,6	1,1
30	0,5	0,4	0,5
10-30	0,6	0,9	1,4

Jährliches Kreisflächenzuwachsprozent der Tanne verschiedener Entwicklungstendenz während den letzten zehn Jahren

Entwicklungstendenz	Oberschicht %	Mittelschicht %	Unterschicht %
1	0,6	2,0	*
2	0,6	1,0	1,3
3	0,4	0,4	*

* zu geringe Anzahl Messungen

Bei der *Fichte* erlaubte deren geringe Vertretung nur eine nach Bestandsschichten getrennte Berechnung. Diese ergab die folgenden Kreisflächenzuwachsprozente:

Oberschicht 0,3 Prozent

Mittelschicht 0,8 Prozent

Unterschicht 1,0 Prozent

Die allgemein grossen Unterschiede der Zuwachsprozente der verschiedenen Bestandsschichten beruht zum grossen Teil auch auf den stark ungleichen Stammdurchmessern der Bäume.

Die *Buchen* der Oberschicht gehören mit wenigen Ausnahmen der Vitalitätsklasse 20 an und weisen ein Kreisflächenzuwachsprozent von 0,6 auf. Diejenigen der Mittelschicht dagegen wurden mehrheitlich der Vitalitätsklasse 10 zugeteilt mit einem Kreisflächenzuwachsprozent von 0,9. Bei den Elementen der Unterschicht ist die Anzahl zur Ermittlung gesicherter Zuwachsprozente zu gering. Gesicherte Mittelwerte konnten nur für die Entwicklungstendenz 2 berechnet werden. Diese ergaben für die *Buchen* der Oberschicht ein Kreisflächenzuwachsprozent von 0,6, diejenigen der Mittelschicht von 0,7 und von 0,8 für die *Buchen* der Unterschicht.

In diesen Ergebnissen gelangt vorerst zum Ausdruck, dass sich die gutachtlich angesprochene Vitalität und Entwicklungstendenz im Kreisflächenzuwachs deutlich widerspiegeln. Ferner nehmen die Kreisflächenzuwachsprozente bei den vitalen Bäumen der Entwicklungstendenz 1 und 2 von der Unterschicht über die Mittelschicht und zur Oberschicht erheblich ab. Bei den wenig vitalen Bäumen (Vitalitätsklasse 30) und den im Höhenwachstum zurückbleibenden Bäumen (Entwicklungstendenz 3) sind dagegen die Zuwachsprozente in allen Bestandesschichten nur zufällig verschieden.

Obwohl die Vitalitätsverhältnisse in den einzelnen Probeflächen sehr ungleich sind, zeigen auch die gesamthaft nach Stärkeklassen getrennt berechneten Kreisflächenzuwachsprozente eindeutige Zusammenhänge:

Jährliches Kreisflächenzuwachsprozent der verschiedenen Baumarten während den letzten zehn Jahren

Stärkeklasse cm	Tanne %	Fichte %	Buche %
8-16	1,8	1,0	1,7
16-24	1,1	0,8	1,3
34-36	1,1	*	1,0
36-52	0,9	*	0,7
52-72	0,9	0,3	0,5
72 und mehr	0,5	*	0,4

* zu geringe Anzahl Messungen

Verglichen mit Wirtschaftswäldern sind die Zuwachsprozente allgemein auffallend klein, und mit zunehmendem Durchmesser zeigt sich eine wesentlich grössere Abnahme als im Plenterwald vergleichbarer Standorte, was darauf beruht, dass im Plenterwald vor allem in den

höheren Stärkeklassen die wenig vitalen Bäume jeweils genutzt werden und dass die Holzvorräte in den Urwaldbeständen erheblich grösser als in Wirtschaftswäldern sind.

Der Massenzuwachs

Zur Bestimmung des Massenzuwachses verwendeten wir das Tariffdifferenzverfahren, getrennt nach Bestandesschichten und Baumarten, jeweils ausgehend vom Kreisflächenmittelstamm und dem durchschnittlichen Vitalitätsgrad. Die gutachtlichen Vitalitätsansprachen fanden im allgemeinen in den ermittelten Massen-Zuwachsprözenten eine gute Bestätigung. Diese nehmen bei einer Verminderung der Vitalität deutlich ab und sind bei der Tanne grösser als bei der Fichte.

Die *Massenzuwachsprozente* betragen im Mittel:

Baumart	Oberschicht	Mittelschicht	Unterschicht
Tanne	0,6	1,2	1,5
Fichte	0,3	1,1	1,1
Buche	0,6	0,8	2,2

Da der Anfangsvorrat (Vorrat vor 10 Jahren) nicht bekannt ist, wurde die Zuwachsberechnung auf den Endvorrat bezogen. Diese Berechnungsweise gibt etwas zu hohe Werte. Der Fehler beträgt für die Oberschicht 3 bis maximal 8 Prozent, für die Mittelschicht durchschnittlich etwa 10 Prozent und für die Unterschicht 10 bis 20 Prozent. Da jedoch im Mittel 80 bis 90 Prozent des Vorrates auf die Oberschicht entfallen, etwa 15 Prozent auf die Mittelschicht und zumeist weniger als 5 Prozent auf die Unterschicht, erreicht der Fehler insgesamt kaum 6 Prozent und wird jedenfalls mehr als ausgeglichen durch den nicht erfassten Anteil der in der Berechnungsperiode abgestorbenen Bäume. Wie bereits früher festgestellt wurde, bewegen sich die Holzvorräte pro ha, wenn wir von grossflächigen Waldzerstörungen durch äussere Einwirkungen absehen, in einem nicht sehr weiten Rahmen, so dass durchschnittlich mit einem Ausgleich von Zuwachs und Abgang gerechnet werden darf. Die folgenden Angaben dürften somit nach der Grössenordnung richtig sein, obwohl eine genaue Zuwachsberechnung nur aufgrund wiederholter Aufnahmen möglich wäre.

In den fünf Probeflächen sind die Zuwachsunterschiede auffallend gering, obwohl sich der Zuwachs sehr ungleich auf die Baumarten und Bestandesschichten verteilt. Der jährliche Durchschnittszuwachs der letzten zehn Jahre betrug:

Jährlicher Zuwachs pro Hektar in den Probeflächen

Entwicklungsphase	Probe- fläche	Derbholz- zuwachs m ³	Prozentuale Anteile					Laub- bäume
			Ober- schicht	Mittel- schicht	Unter- schicht	Tanne	Fichte	
alle Phasen	1	8,8	73	16	11	80	4	16
frühe Optimalphase	2	7,7	75	19	6	44	1	55
späte Zerfallsphase	3	8,6	70	20	10	81	2	17
späte Optimalphase	4	8,2	82	17	1	88	1	11
Plenterwaldphase	5	7,7	62	24	14	54	–	46

Beim Zuwachsrückgang der Oberschicht erfolgt ein Ausgleich durch die Mittel- und Unterschicht. Den grössten Zuwachs weist die Oberschicht mit 82 Prozent am Gesamtzuwachs am Ende der Optimalphase auf (Probefläche 4). In der Zerfallsphase sinkt der Anteil auf 70 Prozent ab (Probefläche 3) und in der Plenterwaldphase auf 62 Prozent (Probefläche 5).

Die Mittel- und Unterschicht weisen mit einem Anteil von 38 Prozent am Gesamtzuwachs in der Plenterwaldphase eine auffallend grosse Leistung auf.

Beträchtliche Unterschiede im Anteil an der Zuwachsleistung zeigen in den verschiedenen Entwicklungsphasen die Buche und die Tanne, während derjenige der Fichte mit höchstens 4 Prozent stets sehr klein bleibt. Am grössten ist der Tannenanteil am Zuwachs mit 88 Prozent beim vorratsreichen Übergang der Optimal- in die Altersphase. Nachher sinkt er kontinuierlich über die Zerfalls- und Plenterwaldphase bis auf 44 Prozent in der frühen Optimalphase ab. Der starke Einwuchs aus der Mittelschicht in die Oberschicht lässt dann den Tannenanteil wieder stark ansteigen bis zum Maximum in der Altersphase. Entgegengesetzt erfolgt die Veränderung des Buchenanteils am Zuwachs.

Die von einem Baumartenwechsel begleitete Phasenfolge tritt in dieser Veränderung deutlich hervor: Bei der allmählichen Auflösung der Tannen-Oberschicht wachsen immer mehr Buchen aus der Mittel-

schicht in die Oberschicht ein. Der erneute Übergang zu einer vorwiegend einschichtigen Optimalphase führt später zu einer raschen Ausscheidung der Buchen, wie bereits früher festgestellt wurde. Trotz der verhältnismässig geringen Unterschiede des Holzvorrates pro ha in den einzelnen Probeflächen erfolgen somit doch ganz bedeutende Umstrukturierungen der Bestände während der Phasenfolge sowohl hinsichtlich der Stärkeklassenverteilung als auch des Anteils der einzelnen Baumarten am Vorrat und Massenzuwachs.

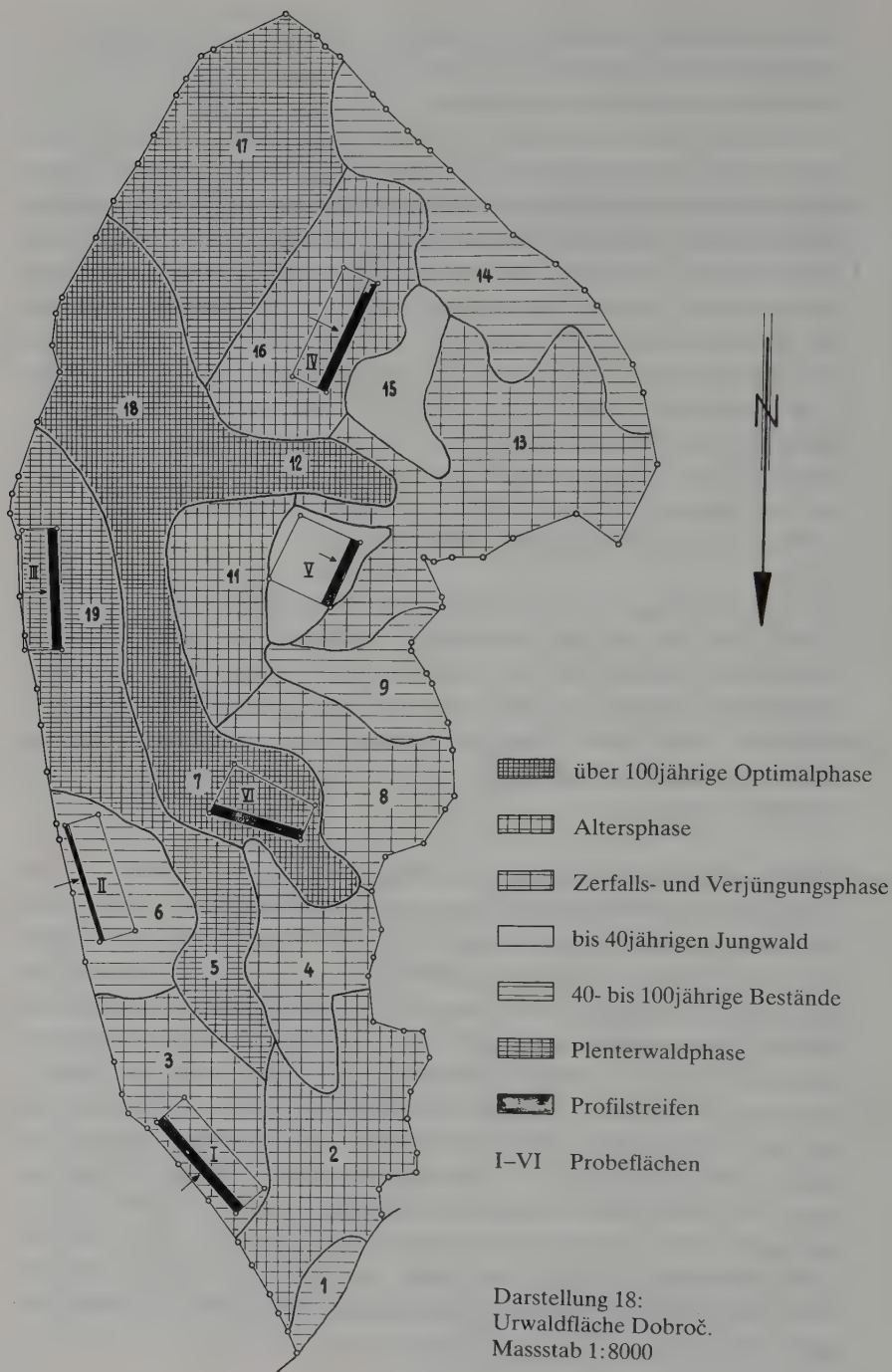
2.2 Der Urwald Dobroč

2.21 Allgemeine Waldbeschreibung

Der Urwald Dobroč liegt auf 48°41' nördlicher Breite und 19°40' östlicher Länge im westlichen Teil des slowakischen Erzgebirges (Tschechoslowakei) und gehört zum Revier Brôtovo der Forstverwaltung Čierny Balog. Er bestockt einen durch mehrere Bäche gegliederten Nordwesthang in einer Höhenlage von 750 bis 1000 m ü. M. und umfasst eine Reservatsfläche von 57,4 ha inmitten eines ausgedehnten Waldgebietes von rund 8000 ha. Das Reservat wurde auf Antrag der Forstverwaltung Dobroč vom Jahre 1909 durch einen Erlass des slowakischen Ackerbauministeriums bereits im Jahre 1913 als Naturdenkmal unter Schutz gestellt. Damit das Reservat nicht durch die Nutzung angrenzender Bestände beeinträchtigt wird, wurde eine 126 ha umfassende Schutzzone ausgeschieden.

Die Niederschläge werden mit etwa 950 mm angegeben, wovon 500 bis 600 mm auf die Vegetationszeit entfallen. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 5 bis 6°C. Die aus der Verwitterung kristalliner Schiefer und Glimmer-Gneisen hervorgegangene tiefgründige saure Braunerde trägt nach *Zlatník* zur Hauptsache Tannen-Buchenwald (*Abieto-Fagetum*) neben anderen, kleinflächiger vertretenen Buchenwaldgesellschaften.

Einzelne kleinere Teilflächen des Reservates dürften durch frühere, jedoch weit zurückliegende, Nutzungen beeinflusst sein. Der grösste Teil aber ist als typischer Urwald der Bergstufe anzusprechen. In diesen Partien, denen auch unsere Probeflächen angehören, besteht der Altbestand vorwiegend aus Tannen mit beigemischten Buchen und Fichten. Eingesprengt kommen gelegentlich der Berg- und Spitzahorn, die Bergulme und die Esche vor. Vom Holzvorrat entfallen 49 Prozent auf die Tanne, 26 Prozent auf die Buche und 25 Prozent auf die Fichte. Nach den vorliegenden Waldwirtschaftsplänen hat sich der mittlere Derbholtzvorrat des Reservates über mehrere Jahrzehnte kaum verändert und bewegte sich stets zwischen 700 und 800 m³ pro ha. Nach Untersuchungen von *Korpel* (1967) geht jedoch in den letzten Jahrzehnten der Anteil der Tanne zugunsten der Buche etwas zurück. Die Bestände weisen verschiedene Strukturen auf und sind durch einige grosse Windwurfflächen vom Jahre 1931 unterbrochen.



Darstellung 18:
 Urwaldfläche Dobroč.
 Massstab 1:8000

Die Tannen erreichen Baumhöhen bis 56 m, die Fichten bis 53 m, die Laubbäume bis 40 m. Die grössten von uns bestimmten Brusthöhendurchmesser betragen bei der Tanne 150 bis 180 cm, bei der Fichte und Buche 110 bis 120 cm und beim Bergahorn und der Esche etwa 100 cm. Die grösste, etwa 450 Jahre alte Tanne mit einem Brusthöhendurchmesser von 193 cm und einer Baumhöhe von 56 m wurde 1964 vom Sturm geworfen. Ihre Derbholzmasse betrug 47,25 m³. Jedenfalls stehen aber auch heute noch in Dobroč mehrere Tannen, welche in ihren Dimensionen die irrtümlicherweise oft als «grösste Tannen Europas» bezeichneten Dürsrütitannen im bernischen Emmental erheblich übertreffen.

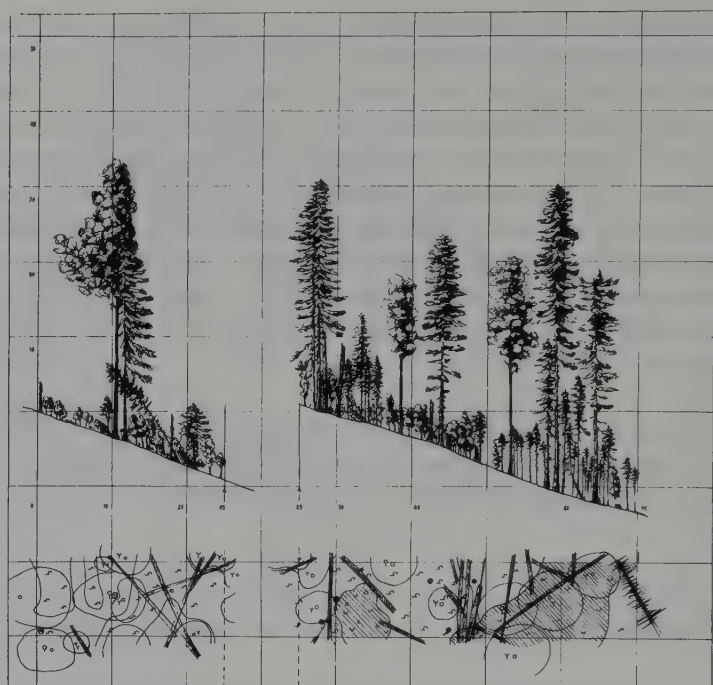
Unsere Untersuchungen erfolgten im Jahre 1948, und als Mitarbeiter waren dabei die Assistenten V. Schmid († 1949), H. Lamprecht und V. Biskupsky neben Personal der Forstverwaltung Čierny Balog beschäftigt.

Bei den Aufnahmen wurden in den Probeflächen im wesentlichen die gleichen Bestandestypen wie im Urwald Peručica ausgeschieden.

Standörtlich sind alle Probeflächen gut vergleichbar. Sie entsprechen einem vegetationskundlich nicht näher untersuchten Tannen-Buchewald.

2.22 Beschreibung der Probeflächen

Die *Probefläche I* (Typ 3) liegt in 750 bis 810 m ü. M. an einem mässig geneigten Nordwesthang. Der schwach stufige Altbestand mit sehr unregelmässigem Schluss besteht aus etwa 60 Prozent Tanne, 30 Prozent Buche und 10 Prozent Fichte. Die Bestandeshöhe beträgt 35 bis 45 m. Nahezu die Hälfte der Fläche wird hauptsächlich von verschiedenen Farnen (*Dryopteris*-Arten) bedeckt. Die einzelnen Jungwuchsgruppen und -horste bestehen vorwiegend aus Tanne und Buche. Die Fichte ist bloss eingesprengt.



Bestandesverhältnisse:

R	l	Δh	h
1	11	-362 - 9.0m	0.0
2	25.1	-522 - 8.8m	-11
3	38.1	-542 - 8.5m	-17.1
4	75.1	-652 - 11.0m	-23.5
5	101.1	-372 - 9.0m	-36.5
6	125.1		-45.5

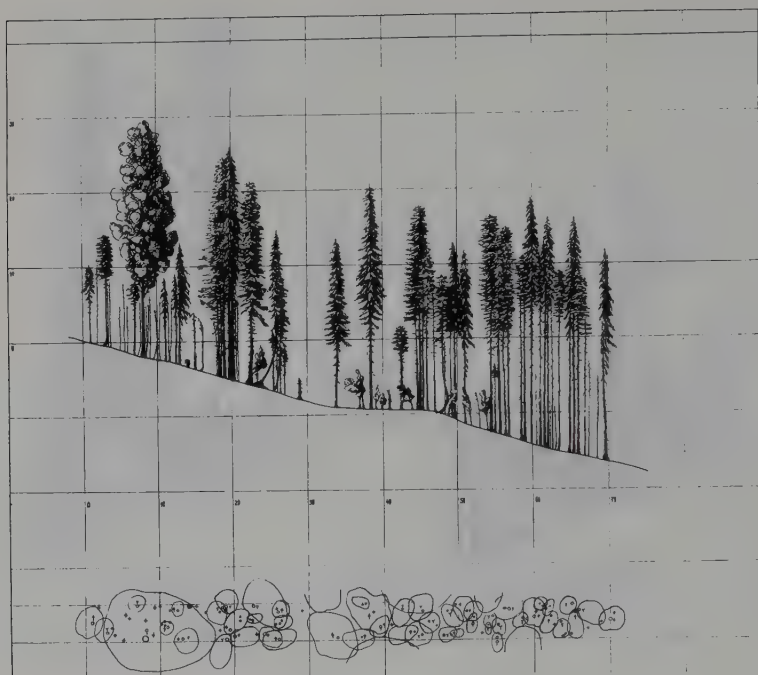
Legende:

- Fichte
- Tanne
- Buche
- Bergahorn
- Spitzahorn
- Bergpappel
- Weib. stehende Baum
- Stumpf
- Buche - Bergpappel
- Fichte
- Tanne
- liegende Baumstämme

Darstellung 19.1: Urwald Dobroč. Bestandesprofil durch die Probefläche 1. Übergang der späten Altersphase in die Verjüngungsphase.

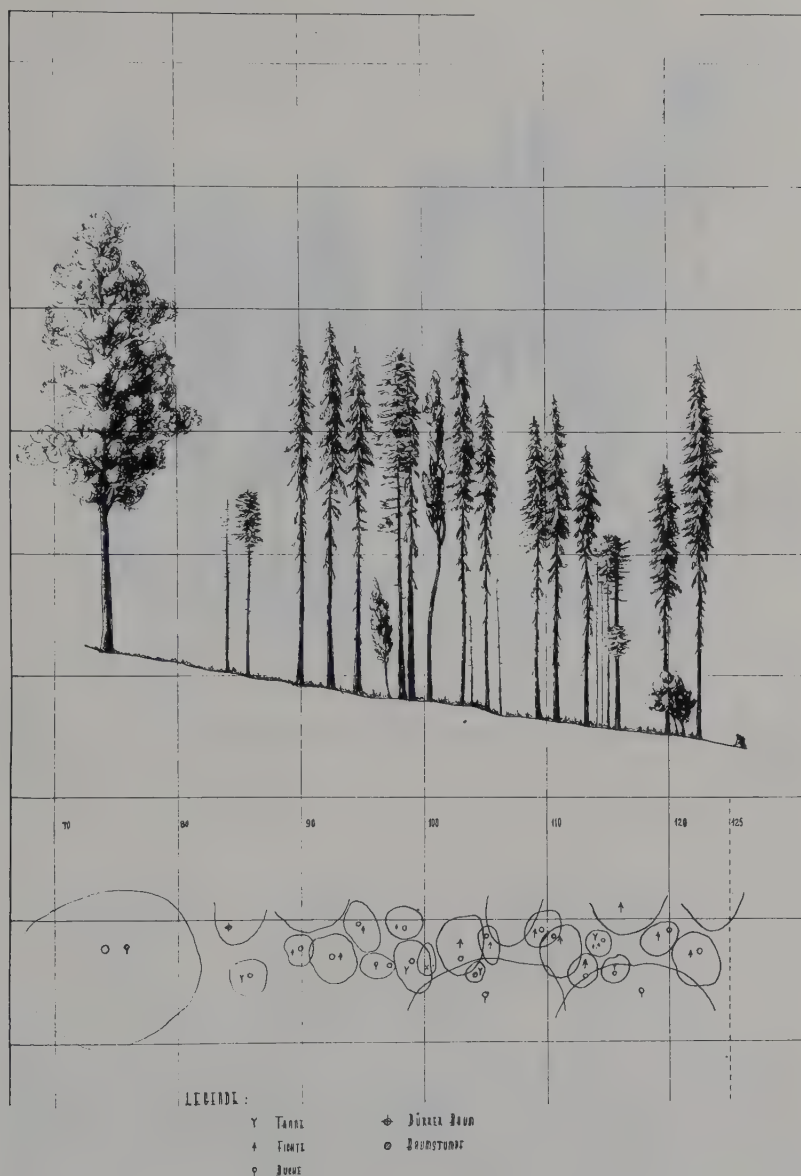


Darstellung 19.2



Darstellung 20.1: Urwald Dobroč. Bestandesprofil durch die Probefläche 2. Beginnende Optimalphase.

Die *Probefläche 2* (Typ 5) liegt in 810 bis 850 m ü. M. an einem mässig geneigten Nordhang. Der mehr oder weniger gleichförmige, trupp- bis horstweise gemischte Bestand von etwa 60 Prozent Fichte und 40 Prozent Tanne ist dicht geschlossen und weist viele absterbende, unterständige Bäume auf. Vom ehemaligen Altholz sind nur noch vereinzelte Buchen vorhanden. Eine Bodenvegetation fehlt weitgehend, und der Boden ist mit mehrjähriger Buchen-Laubstreu bedeckt.



Darstellung 20.2



Darstellung 21.1: Urwald Dobroč. Bestandesprofil durch die Probefläche 3. Plenterwaldphase.

Die *Probefläche 3* (Typ 6) liegt an einem mässig geneigten, in eine Kuppenlage übergehenden WNW-Hang in 860 bis 960 m ü. M. Der stark stufige Bestand besteht aus etwa 40 Prozent Tanne, 30 Prozent Buche und 30 Prozent Bergahorn, Spitzahorn und Bergulme. Die Fichte ist nur vereinzelt beigemischt. Die Oberschicht weist eine Höhe von etwa 35 m auf, die Mittelschicht von 25 m und die Unterschicht von 8 m. In kleineren Bestandeslücken besteht die Bodenvegetation hauptsächlich aus Fuchs-Kreuzkraut (*Senecio Fuchsii*) und Brennessel (*Urtica dioeca*).



Darstellung 21.2

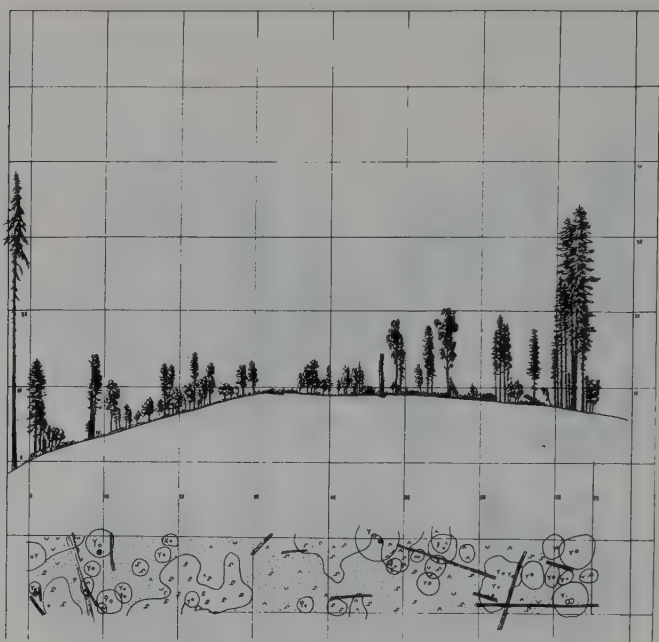


Darstellung 22.1: Urwald Dobroč. Bestandesprofil durch die Probefläche 4. Späte Altersphase.

Die *Probefläche 4* (Typ 2) besteht aus einem in langsamer Auflösung begriffenen Altholzbestand mit zum Teil 300- bis 400jährigen Bäumen, wovon etwa 40 Prozent auf die Tanne entfallen, 30 Prozent auf den Berg- und Spitzahorn und die Bergulme und 20 Prozent auf die Buche. Der Fichtenanteil beträgt nur 10 Prozent. Der Bestand stockt an einem mässig geneigten Nordhang in 910 bis 940 m ü. M. Der etwa 15 m hohe Nebenbestand besteht fast ausschliesslich aus Tannen. Die offenbar zeitweise von Weidevieh schwach beeinflusste Bodenvegetation weist wie in der Probefläche 1 hauptsächlich verschiedene Farne auf. Ein grosser Teil der Fläche ist von einer 5 bis 10 cm hohen, schlecht abgebauten Buchenlaubschicht bedeckt.

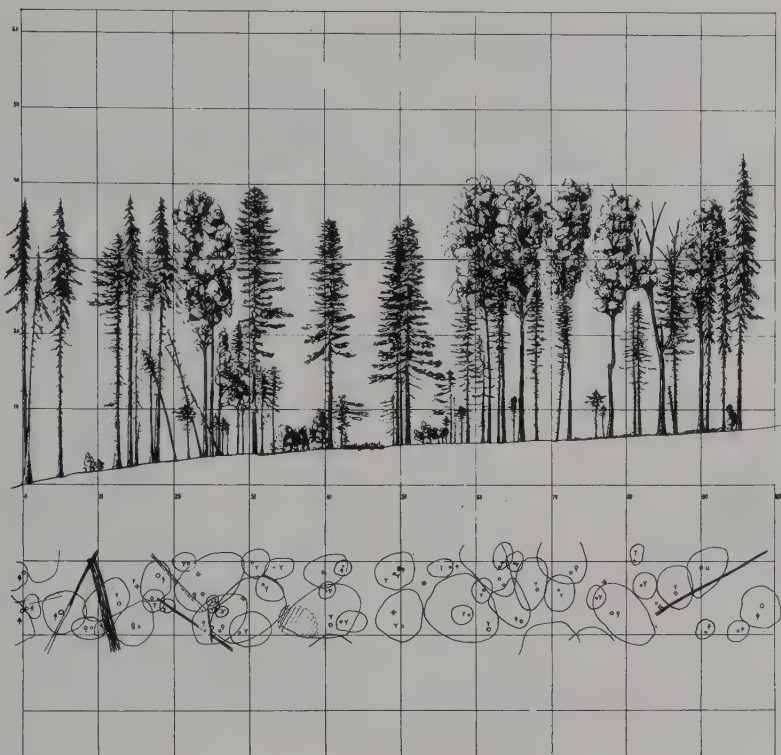


Darstellung 22.2



Darstellung 23: Urwald Dobroč. Bestandesprofil durch die Probefläche 5. Jungwald auf Windfallfläche.

Die *Probefläche 5* (Typ 4) liegt in 830 bis 850 m ü. M. an einem mässig geneigten WNW-Hang. Auf der ausgedehnten, anscheinend zeitweise schwach beweideten Windwurffläche mit nur noch vereinzelt, absterbenden Altholzresten hat sich eine typische Schlagflora angesiedelt. Jungwuchsgruppen aus Fichten und Tannen leiten eine Wiederbewaldung ein.



Darstellung 24: Urwald Dobroč. Bestandesprofil durch die Probefläche 6. Übergang der Altersphase in die Verjüngungsphase.

Die *Probefläche 6* (Typ 1) in 770 bis 860 m ü. M. liegt an einem mässig geneigten NW-Hang. Der 35 bis 40 m hohe, ziemlich geschlossene, 120- bis 300jährige Altholzbestand setzt sich aus einer horst- bis gruppenweisen Mischung von etwa 40 Prozent Fichte, 30 Prozent Buche, 20 Prozent Tanne und 10 Prozent Berg- und Spitzahorn und Bergulme zusammen. Der schwach ausgebildete Nebenbestand besteht ausschliesslich aus Tannen. Die lockere Bodenvegetation deckt mehr als die Hälfte der Fläche.

2.23 Untersuchungsergebnisse

Die Entwicklungsphasen

Bei den Aufnahmen im Jahr 1948 wurden die einzelnen Entwicklungsphasen kartiert. Eine weitere Kartierung erfolgte unabhängig nach den gleichen Kriterien im Jahr 1964 durch Frau *Randuškova*. Die weitgehend übereinstimmenden Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Flächenanteile der einzelnen Entwicklungsphasen

Entwicklungsphase	Aufnahme 1948		Aufnahme 1964	
	ha	%	ha	%
Optimalphase	10,40	18	8,55	15
Altersphase	11,90	21	15	26
Zerfallsphase	14,20	25	14,20	25
Verjüngungsphase	2,90	5	1,90	3
gleichförmiger Jungwald	7,90	14	6,65	12
Plenterwaldphase	10,10	17	11,10	19
	57,40	100	57,40	100

Die Unterschiede der beiden ganz unabhängig voneinander durchgeführten Aufnahmen sind auffallend gering, obwohl insbesondere die Zuordnung zur Optimalphase, beginnenden Altersphase und Plenterwaldphase stark subjektiv beeinflusst sind und die beiden Aufnahmen 13 Jahre auseinander liegen. Es scheint, dass sich die Waldstruktur in dieser Zeit kaum merklich verändert hat. Wenn die Verjüngungs- und Jungwaldphase zusammen 15 bis 30 Prozent, die Optimal- und Altersphase zusammen etwa 40 Prozent, die Zerfallsphase etwa 25 Prozent und die Plenterwaldphase 15 bis 20 Prozent einnehmen, dürften diese Anteile bei der Annahme einer natürlichen Lebensdauer der ältesten Bäume von rund 300 Jahren aufgrund einer Überschlagsrechnung gesamthaft einem Gleichgewichtszustand entsprechen. Beachtenswert ist, dass sich nur je etwa ein Fünftel der Bestände in einem plenterwaldähnlichen Zustand oder in der Optimalphase befinden. Nahezu die Hälfte der Bestände sind der Alters- und der Zerfallsphase zuzuordnen.

Die Stammzahlen

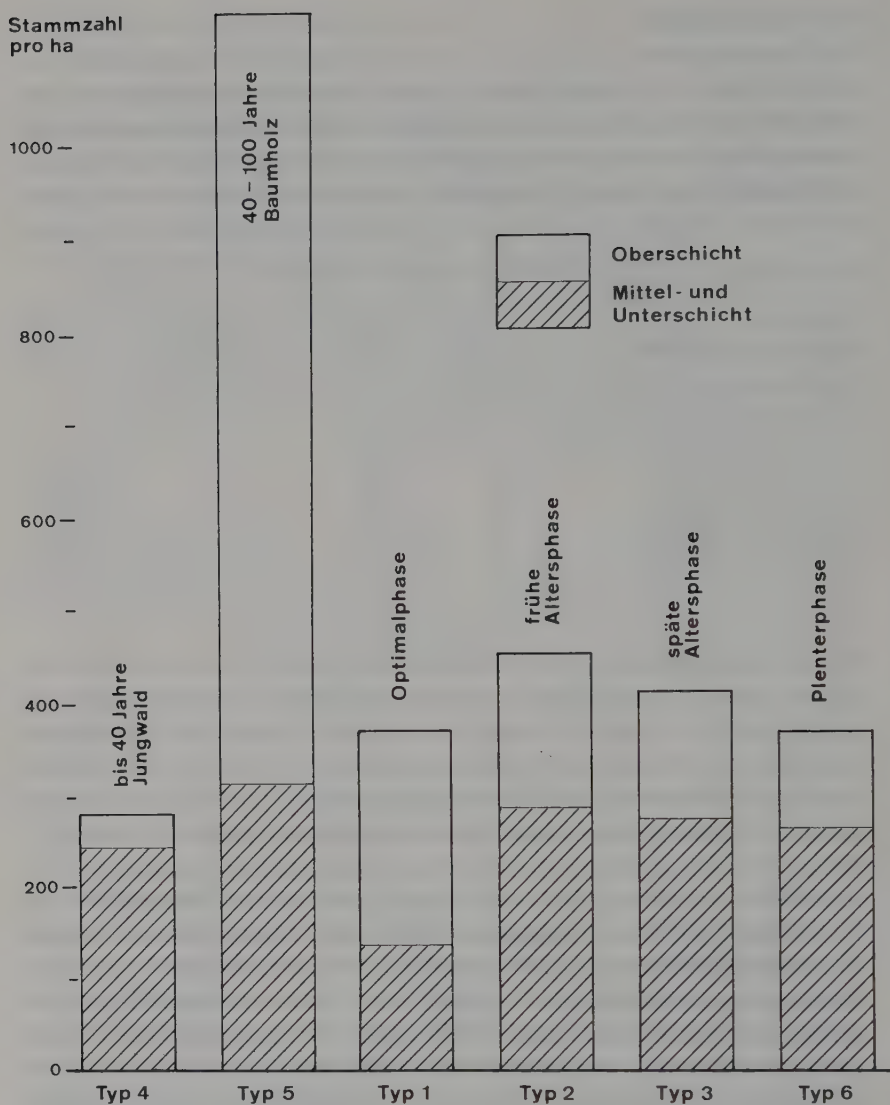
Die Stammzahlen pro ha sind in den einzelnen Probeflächen sehr ungleich, was aber wenig aussagt, da sie Brusthöhendurchmesser von 8 bis 140 cm bei sehr ungleichen Stammzahlverteilungen umfassen. Aufschlussreicher sind daher die Stammzahlen der einzelnen Bestandesschichten, was aus der folgenden Zusammenstellung hervorgeht.

Stammzahlen der lebenden Bäume pro ha in den Probeflächen

Bestandestyp und Entwicklungsphase	Probe- fläche	Ober- schicht	Mittel- und Unterschicht	Total
Typ 4 bis 40jähriger Jungwald	5	38	239	277
Typ 5 40- bis 100jährige Stangen- und Baumhölzer	2	834	304	1138
Typ 1 Optimalphase	6	226	138	364
Typ 2 frühe Altersphase	4	152	298	450
Typ 3 späte Altersphase	1	136	268	404
Typ 6 Plenterwaldphase	3	106	258	364

Abgesehen vom Jungwald (Probeflächen 5 und 2) weist die Optimalphase (Probefläche 6) die grösste Baumzahl in der Oberschicht auf. Sie ist rund ein Viertel grösser als in einem 120jährigen Wirtschaftswald gleicher Bonität und Baumartenmischung. In der Altersphase beträgt die Baumzahl der Oberschicht noch etwa zwei Drittel derjenigen der Optimalphase, in der Plenterwaldphase knapp die Hälfte.

Auffallend ist, dass der noch dicht geschlossene Altbestand der Probefläche 4 (frühe Altersphase) in der Mittel- und Unterschicht gesamthaft die höchste Baumzahl aufweist, wobei immerhin sehr viele Bäume kümmernd und absterbend sind. In dem in Auflösung begriffenen Bestand der späten Altersphase entsprechen die Baumzahlen der Mittel- und Unterschicht annähernd denjenigen der frühen Altersphase, wobei jedoch in dieser die Vitalität merklich geringer ist. Daraus ist zu schliessen, dass der Folgebestand jeweils zum grossen Teil aus dem bereits vorhandenen Unterwuchs hervorzugehen vermag.



Darstellung 25: Urwald Dobroč. Baumzahlen verschiedener Entwicklungsphasen.

Die Anzahl der stehenden toten und gebrochenen Bäume steht in direktem Zusammenhang mit der Dichte der Bestände. Sie beträgt:

Anzahl der toten und gebrochenen Bäume über 8 cm Durchmesser pro ha

Bestandestyp und Entwicklungsphase	Probe- fläche	Total Bäume	In Prozenten der Gesamtbaum- zahl der einzelnen Baumarten			
			Ta	Fi	Lbb	alle Baumarten
Typ 4 bis 40jähriger Jungwald	5	8	1	17	–	3
Typ 5 40- bis 100jährige Stangen- und Baumhölzer	2	398	36	20	8	26
Typ 1 Optimalphase	6	40	11	11	7	10
Typ 2 frühe Altersphase	4	12	4	–	–	3
Typ 3 späte Altersphase	1	14	3	–	5	3
Typ 6 Plenterwaldphase	3	16	7	–	–	4

Der Anteil der toten Bäume an der Gesamtstammzahl ist somit nicht nur in den einzelnen Probeflächen verschieden, sondern auch bei den einzelnen Baumarten. Er ist vor allem im dicht geschlossenen Bestand der 40- bis 100jährigen Baumhölzer, dann aber auch im geschlossenen Bestand der Optimalphase (Probefläche 6) hoch.

Da die absoluten Gesamt-Stammzahlen wenig aussagen, wurde auch der prozentuale Anteil der toten Bäume nach Stärkeklassen berechnet.

Prozentualer Anteil der toten Bäume in den einzelnen Stärkeklassen

Stärkeklasse cm	Probefläche					
	1	2	3	4	5	6
8 bis 16	3	51	6	4	1	16
16 bis 24	–	12	5	2	–	24
24 bis 36	–	2	–	–	10	9
36 bis 52	6	–	3	–	10	5
52 und mehr	7	–	6	–	5	2

In der Optimalphase (Probefläche 6) sind vor allem in den drei untersten Stärkeklassen tote Bäume vorhanden. In der Plenterwaldphase (Probefläche 3) verteilen sich die toten Bäume dagegen ziemlich gleichmässig auf alle Stärkeklassen, und in der späten Altersphase (Probefläche 1) sterben hauptsächlich starke Bäume ab. Im dicht geschlossenen Jungwald entfallen die toten Bäume vor allem auf die unterste Stärkeklasse. Diese Verschiebungen sind für den Strukturwandel der Bestände kennzeichnend.

Prozentualer Anteil der Baumarten an der Stammzahl

Durch- messer	Probefläche 1 späte Altersphase			Probefläche 2 40–100jährige Stangen- und Baumhölzer			Probefläche 3 Plenterwaldphase			Probefläche 4 frühe Altersphase			Probefläche 5 bis 40jähriger Jungwald			Probefläche 6 Optimalphase		
	Ta	Fi	Lbb	Ta	Fi	Lbb	Ta	Fi	Lbb	Ta	Fi	Lbb	Ta	Fi	Lbb	Ta	Fi	Lbb
8–24	92	4	4	33	65	2	88	1	11	95	1	4	75	4	21	90	10	—
24–40	69	—	31	32	67	1	30	2	68	35	13	52	71	29	—	37	46	17
40–56	56	—	44	36	47	7	32	4	64	17	18	65	21	47	32	24	40	36
56–72	78	17	5	57	—	43	44	44	12	18	18	64	50	40	10	19	41	40
72–88	73	9	18	100	—	—	57	43	—	38	25	37	67	33	—	67	17	16
88–104	57	43	—	—	—	—	100	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	100
104–120	—	—	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100
120–136										—	—	—						
136–152										100	—	—						

Die *Verteilung der Baumzahlen nach Durchmesserstufen* ist in den einzelnen Probeflächen verschieden. Mit Rücksicht auf die geringe Grösse der Probeflächen wurden zum Vergleich zwei Durchmesserstufen zusammengefasst und 8-cm-Stufen gebildet.

Die halblogarithmische Darstellung zeigt, dass alle Probeflächen mit Ausnahme der Fläche 3 (Plenterwaldphase) in der Baumzahlverteilung von der Plenterwaldstruktur erheblich abweichen. Bei dieser ergibt die halblogarithmisch aufgetragene Kurve annähernd eine Gerade, indem die Stammzahl y beim Durchmesser x der Funktion $y = a \cdot e^{-bx}$ entspricht (H. A. Meyer, 1933). Im übrigen lässt sich im vorliegenden Fall deutlich aus der Baumzahlverteilung auf die Phasenfolge der Probeflächen 2, 3, 6, 4, 1 und 5 schliessen. Bei den Probeflächen 1, 4, 5 und 6 ist erkennbar, dass einerseits der Altbestand, andererseits bereits eine neue Generation am Bestandesaufbau beteiligt ist, und zwar mit fortschreitender Auflösung des Altbestandes in zunehmendem Masse. Mit dem Generationenwechsel ist zumeist auch ein teilweiser Baumartenwechsel verbunden.

Der *prozentuale Anteil der einzelnen Baumarten an der Baumzahl* geht aus den folgenden Zusammenstellungen hervor. Es wurden dabei je vier Stärkestufen umfassende Klassen gebildet.

In der Unterschicht ist allgemein der Tannenanteil hoch. Die grösste Vertretung der Fichte in den schwächeren Dimensionen finden wir in den Flächen mit einem grossen Buchenanteil in der Oberschicht. Am stärksten ist die Buche in den Durchmesserstufen 8 bis 40 cm des zerfallenden Bestandes der Probefläche 5 vorhanden. Das Bild des Baumartenwechsels wird vor allem durch den Umstand verwischt, dass bei der Auflösung und dem Zerfall der Bestände die einzelnen Baumarten nicht gleich rasch und stark betroffen werden.

Die Kreisflächen

Die gesamten Kreisflächen (Basalflächen) zeigen mit Ausnahme des zerfallenen Bestandes der Probefläche 5 nicht sehr grosse Unterschiede. Es betragen die

Kreisflächen pro ha

Probefläche 1	späte Altersphase	45,8 m ²
Probefläche 2	40- bis 100jährige Stangen- und Baumhölzer	54,8 m ²
Probefläche 3	Plenterwaldphase	46,6 m ²
Probefläche 4	frühe Altersphase	37,6 m ²
Probefläche 5	bis 40jähriger Jungwald	19,8 m ²
Probefläche 6	Optimalphase	56,4 m ²

Verglichen mit Wirtschaftswäldern liegen die Kreisflächen in den Probeflächen 2 und 6 rund 10 bis 15 Prozent höher als in mässig durchforsteten 100- bis 110jährigen Fichten- und Tannenbeständen bester Bonität. Interessant ist, dass die Kreisfläche der plenterwaldähnlichen Probefläche 3 mit 46,6 m² ziemlich genau derjenigen der berühmten Plenterwälder im Wittenbach der Burgergemeinde Sumiswald entspricht (46,5 m²).

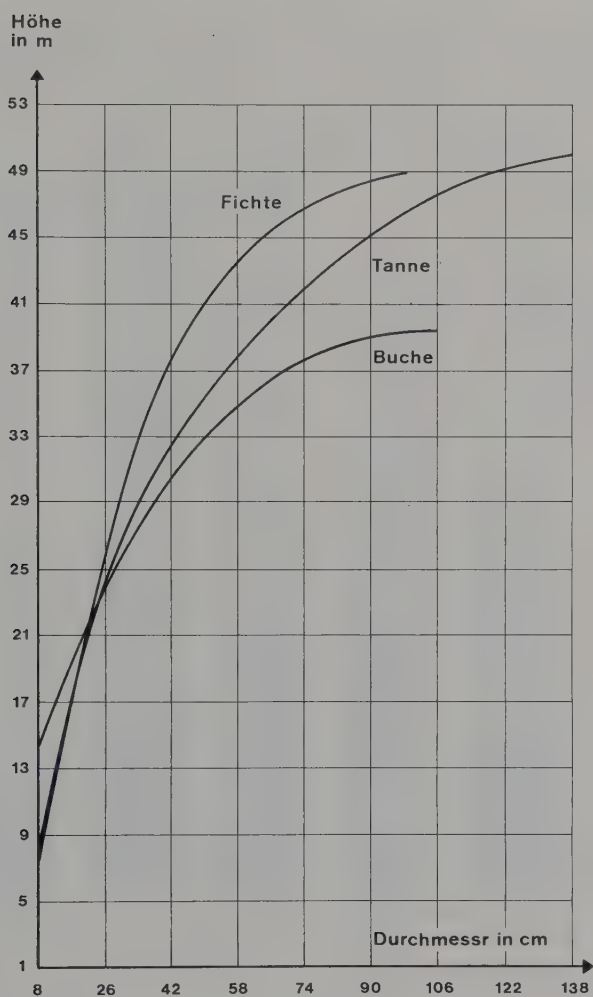
Die Verteilung der Kreisflächen auf die Stärkeklassen und Baumarten gibt ein ähnliches Bild wie die Verteilung des Holzvorrates. Deshalb wird auf eine besondere Zusammenstellung verzichtet.

Baumhöhen und Massentarife

Die Baumhöhen wurden für sämtliche Probeflächen und Profilstreifen und die ergänzend ausserhalb dieser Flächen ausgeführten Messungen gesamthaft ausgewertet. Die grosse Anzahl der Messungen ergab gut ausgeglichene Kurven, deren Höhen für die ausgezeichnete Standortsgüte zeugen. Für die Durchmesserstufe 102 cm beträgt die Mittelhöhe der Fichten 48,6 m, der Tannen 47 m und der Buchen 39 m. Die grössten in den Probeflächen gemessenen Baumhöhen betragen bei der Tanne 56 m, bei der Fichte 53 m und bei der Buche 47 m.

Verglichen mit Ertragstafelwerten entsprechen die Mittelhöhen bei allen drei Hauptbaumarten den besten Bonitäten.

Zur Aufstellung der *Derbholz-Massentarife* wurden die den mittleren Baumhöhen entsprechenden Brusthöhen-Formzahlen nach *Flury* verwendet, und zwar für Fichte und Tanne diejenigen für Plenterwald, für die Buche diejenigen für Hochwald.



Darstellung 26: Urwald Dobroč. Mittlere Baumhöhenkurven aller Bestandesschichten.

Der Holzvorrat

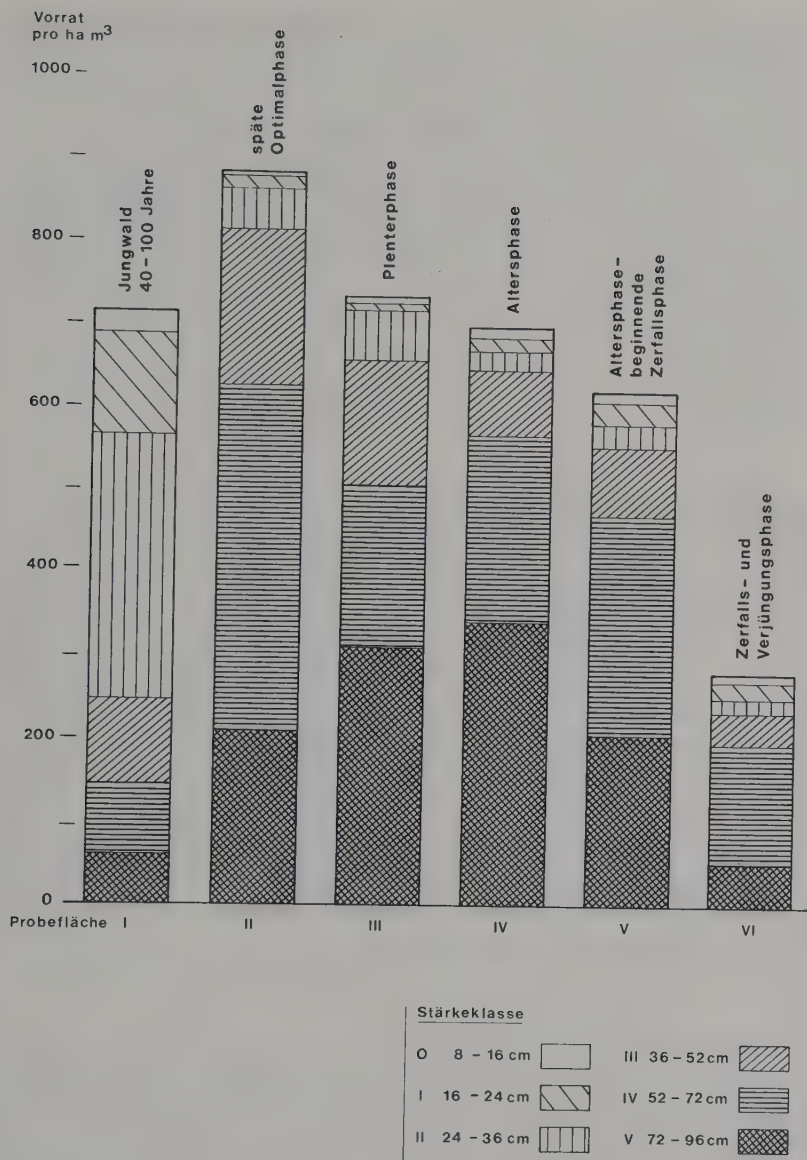
Der *Holzvorrat pro ha* beträgt für die einzelnen Probeflächen:

Holzvorrat der lebenden und toten Bäume m³ pro ha

Entwicklungsphase	Probe- fläche	lebende Bäume m ³	tote Bäume m ³	stehende Gesamtmasse m ³
späte Altersphase	1	698	37	735
40–100jährige Stangen- und Baumhölzer	2	713	34	747
Plenterwaldphase	3	730	46	776
frühe Altersphase	4	622	1	623
bis 40jähriger Jungwald	5	281	15	296
Optimalphase	6	883	34	917

Im etwa 40jährigen Bestand der Probefläche 5 entspricht der Vorrat den entsprechenden Ertragstafelwerten. In der Probefläche 2 mit einem 40- bis 100jährigen Bestand liegt er rund 25 Prozent über den Ertragstafelwerten, und in der Optimalphase der Probefläche 6 steigt er sogar auf etwa 150 Prozent an, um in der frühen Altersphase (Probefläche 4) und in der späten Altersphase (Probefläche 1) wieder auf die Ertragstafelwerte abzusinken. In der Plenterwaldphase (Probefläche 3) liegt der Vorrat rund 15 Prozent über dem Durchschnitt der übrigen Probeflächen. Da die Jungwaldphase im allgemeinen einen geringen Flächenanteil einnimmt und flächenmässig normalerweise die langandauernden Altersphasen am stärksten vertreten sind, entspricht der durchschnittliche Vorrat grösserer Komplexe des Urwaldes von Dobroč annähernd diesen Entwicklungsphasen. Auf einzelnen grösseren Flächen ausserhalb unserer Probeflächen haben wir immerhin Maximalvorräte von rund 1200 m³ pro ha bestimmt.

Der mittlere *Anteil der stehenden toten Bäume* am Gesamtvorrat beträgt durchschnittlich nur etwa 4 Prozent. Dieser anscheinend geringe Anteil beruht darauf, dass namentlich die abgestorbenen Buchen, aber auch Tannen schon nach wenigen Jahren zum grossen Teil umfallen. Solche Bäume sind in unseren Aufnahmen nicht inbegriffen. Im allgemeinen sind viel mehr liegende als stehende Baumleichen vorhanden, was auch in den dargestellten Bestandesprofilen ersichtlich ist.



Darstellung 27: Urwald Dobroč. Holzvorrat nach Stärkeklassen in den Probeflächen.

Aufschlussreich ist der *Anteil der einzelnen Baumarten* am lebenden und toten Holzvorrat.

Prozentualer Anteil der Baumarten am lebenden und am toten Holzvorrat

Entwicklungsphase	Probe- fläche	lebende Bäume			tote Bäume		
		Ta	Fi	Lbb	Ta	Fi	Lbb
Späte Altersphase	1	69	16	15	67	—	33
40–100jährige Stangen- und Baumhölzer	2	38	56	6	45	55	—
Plenterwaldphase	3	56	1	43	100	—	—
frühe Altersphase	4	34	14	52	100	—	—
bis 40jähriger Jungwald	5	50	35	15	1	99	—
Optimalphase	6	26	30	44	14	12	74

Im dicht geschlossenen Jungwald (Probefläche 2) ist der Anteil der lebenden und toten Bäume der einzelnen Baumarten wenig verschieden. Der geschlossene Altbestand der Optimalphase (Probefläche 6) und der Bestand der späten Altersphase (Probefläche 1) weisen dagegen einen verhältnismässig grossen Anteil abgestorbener Buchen auf, was die bereits früher erwähnten Feststellungen bestätigt. In den stark stufigen Beständen der Plenterwaldphase (Probefläche 3) und der frühen Altersphase (Probefläche 4) stehen dagegen viele abgestorbene Tannen. Sobald der Bestandesschluss verloren geht, sterben starke Tannen zunehmend ab. Es handelt sich um eine Erscheinung, wie wir sie auch beim «Tannensterben» in Wirtschaftswäldern kennen. Die Fichte erträgt im allgemeinen die Auflösung der Bestände offensichtlich besser. Auffallend viele tote Bäume entfallen auf die Fichte einzig in der Jungwaldfläche (Probefläche 5).

Die Folge der Entwicklungsphasen

Es ist kaum möglich, eine bestimmte, regelmässige Folge der Entwicklungsphasen zu erkennen, denn je nach der Entstehung der Bestände ist auch der Strukturwandel verschieden, und scheinbar gleiche Entwicklungsphasen zeigen je nach der Entstehung der Optimalphase einen ganz verschiedenen Lebensablauf. Die Optimalphase kann sowohl aus stark ungleichaltrigen, plenterwaldähnlichen Beständen hervorgehen, als auch aus nahezu gleichaltrigen, nach Katastrophen entstandenen Beständen oder als Endglied der Sukzession «Anfangswald – Übergangswald – Schlusswald». Ebenso zeigt der Urwald von Do-

broč deutlich, dass plenterwaldartige Strukturen aus verschiedenen Lebensabläufen hervorgehen können. Solche Strukturen entstehen hauptsächlich bei langsamer Auflösung der Bestände der Altersphase, oft aber auch aus stark ungleichaltrigem Übergangswald mit erhalten gebliebenen einzelnen Bäumen des vorherigen Bestandes. Immer wieder bestätigt sich somit, dass äusserlich ähnliche Bestandestypen eine ungleiche Entstehung und bisherige Entwicklung und daher auch verschiedene zukünftige Lebensabläufe aufweisen können. Noch viel ausgeprägter als im Wirtschaftswald trägt jeder einzelne Bestand im Urwald einen Eigencharakter.

2.3 Der Urwald Pečka

2.31 Allgemeine Waldbeschreibung

Das Urwaldreservat Pečka umfasst eine Fläche von 60,2 ha und liegt im stark bewaldeten Kočevje-Gebirge in Südslowenien in 740 bis 940 m ü. M. Es gehört zur Abteilung 37 des Revieres Soteska der Forstverwaltung Podstenice (Forstdirektion Novo Mesto). Das Gelände ist stark gegliedert durch Mulden, Dolinen und Kuppen. Das Reservat liegt zur Hauptsache an einem sanft geneigten NNW-Hang. Die *geologische Unterlage* besteht aus Trias- und Kreidekalken, auf denen sich tiefgründige Humuskarbonatböden und Braunerden mit einem grossen Skelettanteil gebildet haben. Die pH-Werte des Oberbodens betragen auf einem grossen Teil der Fläche 7 bis 7,5. In einzelnen Mulden und Dolinen haben sich tiefgründige, schwach saure Braunerden mit pH-Werten um 6 gebildet.

Die nächste Klimastation Novo Mesto liegt auf 200 m ü. M., so dass das *Klima* für das Urwaldgebiet nicht zuverlässig angegeben werden kann. Die mittlere Jahrestemperatur dürfte etwa 9°C betragen, die Januartemperatur -2,5°C, die Julitemperatur 17°C. Die Niederschlagsmenge wird im Mittel auf 1400 mm geschätzt, wovon etwa die Hälfte auf die Monate Mai bis September entfallen dürfte.

Die *natürliche Waldgesellschaft* wird von Horvat und Tregubov (1941) dinarischer Tannen-Buchenwald (*Abieti-Fagetum dinaricum*) bezeichnet.

Die Tanne und die Fichte erreichen Baumhöhen bis zu 45 m und Bruthöhendurchmesser von 140 cm, die Buche Höhen bis 41 m und Durchmesser bis 130 cm.

Vom *Holzvorrat* mit durchschnittlich 647 m³ pro ha entfielen im Jahre 1953 50 Prozent auf die Tanne, 48 Prozent auf die Buche und 2 Prozent auf die Fichte. Dabei verteilte sich der Holzvorrat wie folgt auf die Stärkeklassen:

Ø 11 bis 30 cm	8 Prozent
Ø 31 bis 50 cm	33 Prozent
Ø 51 bis 70 cm	34 Prozent
Ø über 70 cm	25 Prozent

Die bei unseren Aufnahmen durch Bohrungen bestimmten Höchstalter betragen bei der Tanne 320 Jahre, bei der Buche 188 Jahre.

Die einzelnen *Entwicklungsphasen* kommen in diesem topographisch stark gegliederten Reservat nur kleinflächig vor. Der reichlich vertretene Jungwuchs besteht hauptsächlich aus Buche. Die Tanne ist truppweise und einzeln eingesprengt, und die Fichte fehlt in den Jungwaldstufen praktisch vollständig.

Der jährliche *Derbholzzuwachs* wird von den örtlichen Forstleuten auf 7 bis 8 m³ pro ha geschätzt.

2.32 Beschreibung der Probeflächen

Die elf näher untersuchten *Probeflächen* umfassen jeweils nur 6 bis 18 a, da der kleinflächige Wechsel der Entwicklungsphasen und die Geländebeschaffenheit keine grössere Ausdehnung erlaubten. Die einzelnen Probeflächen sind wie folgt zu charakterisieren:

Die *Probefläche 1* liegt in 810 m ü. M. an einem mässig geneigten SE-Hang. Der Bestand stellt eine späte *Optimalphase* eines Mischbestandes von Buche und Tanne dar. Er ist noch dicht geschlossen und weist einen Beschirmungsgrad von 0,9 auf. Die geringe Vitalität der Tanne und starke, liegende Tannenleichen deuten auf den Ausfall vieler starker Bäume des ursprünglichen Bestandes hin. Buchen der ehemaligen Mittelschicht vermochten den Bestandesschluss aufrecht zu erhalten, so dass offenbar aus einer Altersphase eine neue Optimalphase mit einem grösseren Buchenanteil entstanden ist. Der Boden ist von einer dicken unabgebauten Buchenlaubschicht und nur spärlicher Vegetation aus Sauerklee (*Oxalis acetosella*) und Waldmeister (*Asperula odorata*) bedeckt. Abgesehen von vereinzelt, kaum 1 m hohen Buchentrupps fehlt der Jungwuchs.

Die *Probefläche 2* liegt in unmittelbarer Nähe der Probefläche 1 und stellt eine fortgeschrittenere späte *Optimalphase im Übergang zur Altersphase* dar. Der Beschirmungsgrad beträgt bloss noch etwa 0,6, und dementsprechend ist reichlichere Bodenvegetation als in der Probefläche 1 vorhanden, hauptsächlich bestehend aus Sauerklee (*Oxalis acetosella*), Waldmeister (*Asperula odorata*), Wald-Hainsimse

(*Luzula silvatica*), Wurmfarne (*Dryopteris filix mas*) und Zyk lame (*Cyclamen europaeum*). Die Ansamung besteht hauptsächlich aus Tannensämlingen, und die Jungwüchse und Dickungen werden von einzelnen und truppweise vorkommenden bis 3 m hohen Buchen gebildet.

Die *Probefläche 3* befindet sich an einem mässig geneigten NE-Hang in 820 m ü. M. Es handelt sich um einen alten Mischbestand aus Tanne und beigemischter Buche in der *Altersphase*. Der unregelmässige Beschirmungsgrad beträgt 0,7. Die eher spärliche Bodenvegetation besteht aus den gleichen Arten wie in der Probefläche 2. Reichlicher Buchen- und Tannenjungwuchs bedeckt die ganze Probefläche.

Die *Probefläche 4* liegt auf 820 m ü. M. und umfasst einen *zerfallenden Buchen-Tannenbestand* mit einem Beschirmungsgrad von 0,4. Die sehr spärliche Mittelschicht besteht ausschliesslich aus Tannen. Nahezu die ganze Fläche ist von 2 bis 4 m hohen Buchen besetzt. Tannensämlinge kommen vor allem auf Moderholz vor, dessen pH-Wert mit etwa 4 bestimmt wurde.

Die *Probefläche 5* befindet sich in 850 m ü. M. an einem mässig geneigten, skelettreichen SE-Hang. Der einschichtige, geschlossene Mischbestand aus 0,8 Buchen und 0,2 Tannen entspricht einer späten *Optimalphase*. Eine starke, mehrjährige Buchenlaubsschicht zeugt von geringer biologischer Aktivität. Bodenvegetation ist nur spärlich vorhanden, und Jungwuchs fehlt praktisch vollständig.

Die auf 830 m an einem steilen bis mässig geneigten NE-Hang gelegene *Probefläche 6* entspricht einem Buchenbestand der späten *Altersphase* mit vereinzelt Tannen. Die dicke, unabgebaute Laubsschicht und der hohe Beschirmungsgrad von 0,9 erlauben nur eine spärliche Bodenvegetation aus Wurmfarne (*Dryopteris filix mas*), Sauerklee (*Oxalis acetosella*), Sanikel (*Sanicula europaea*) und Hirschzunge (*Scolopendrium vulgare*). Der spärliche Jungwuchs besteht aus Buche und Tanne. In der Strauchsschicht kommen vereinzelt der Lorbeer-Seidelbast (*Daphne laureola*) und der gewöhnliche Seidelbast (*Daphne mezereum*) vor.

Die in 870 m ü. M. an einem sanften E-Hang liegende *Probefläche 7* umfasst einen Mischbestand aus Tanne und Buche in der *Zerfallsphase*

mit einem Beschirmungsgrad von 0,4. Die meisten und zum Teil abgestorbenen oder absterbenden Althölzer stehen hauptsächlich am Rand der bis 1 a grossen Lücken. Viele starke, liegende Baumleichen und bis 4 m hohe dichte Buchentrupps unterbrechen die zu etwa zwei Drittel der Fläche deckende Bodenvegetation, die ausser den früher genannten Arten auch Waldsegge (*Carex silvatica*) und Haargras (*Elymus europaeus*) enthält. Buchensämlinge sind spärlich vorhanden, Tannensämlinge vorwiegend auf vermoderten Baumleichen.

Die *Probefläche 8* befindet sich an einem skelettreichen, mässig geneigten SW-Hang in 880 m ü. M. Stellenweise steht das Kalkgestein oberflächlich an. Der *plenterwaldartig aufgebaute Mischbestand* aus Tanne und Buche weist in der Oberschicht einen Beschirmungsgrad von 0,7 bis 0,8 auf, in der Mittel- und Unterschicht von je nur etwa 0,1. Die Bodenvegetation besteht aus allen früher genannten Arten und deckt etwa einen Zehntel der Fläche. Ausser Tannensämlingen ist die Ansamung spärlich.

Die *Probefläche 9* liegt an einem skelettarmen, mässig geneigten W-Hang auf 870 m ü. M. Nur Spuren eines nicht weit entfernten, ehemaligen Kohlenmeilers lassen vermuten, dass eventuell vor längerer Zeit in der Nähe Nutzungen erfolgt sind. Alte Stöcke fehlen immerhin im Bereich der Probefläche. Der Mischbestand aus Tanne und Buche weist in der Oberschicht einen Beschirmungsgrad von 0,7 auf, in der Mittelschicht und Unterschicht von je 0,2. Die Bodenvegetation aus vorwiegend Sauerklee (*Oxalis acetosella*), Waldmeister (*Asperula odorata*) und hohem Schwingel (*Festuca altissima*) deckt etwa ein Viertel der Fläche. In der Strauchschicht kommen beide Seidelbast-Arten und ganz diffus vereinzelt, bis 1 m hohe Buchen vor. Der Bestand stellt einen *Übergang der Plenterwaldphase in die Optimalphase* dar.

Die *Probefläche 10* befindet sich auf 870 m ü. M. in einer flachen, mässig gegen Westen abfallenden Mulde. Der wenig stufige Mischbestand aus 80 Massen-Prozent Tanne und 20 Prozent Buche entspricht der beginnenden *Optimalphase*. Die Oberschicht weist einen Beschirmungsgrad von 0,7 auf, die zu 60 Prozent aus Tanne und 40 Prozent aus Buche bestehende Mittelschicht einen solchen von 0,2. Die nur einen kleinen Teil der Fläche bedeckende Unterschicht besteht zu etwa neun Zehntel aus Tannen und einem Zehntel aus Buchen.

Die *Probefläche 11* entspricht nach Lage der Fläche 10. Der Bestand gehört ebenfalls einer frühen *Optimalphase* an. Die Oberschicht mit einem Beschirmungsgrad von 0,7 setzt sich jedoch schätzungsweise zu zwei Dritteln aus Buchen und nur einem Drittel aus Tannen zusammen. Desgleichen ist in der Mittelschicht mit einem Beschirmungsgrad von 0,1 die Buche mit einem Anteil von mehr als der Hälfte vertreten. Die schwach ausgebildete und weniger als 10 Prozent der Fläche deckende Unterschicht besteht zu etwa 80 Prozent aus Tanne und zu 20 Prozent aus Buche. Die Bodenvegetation deckt weniger als einen Zehntel der Fläche und besteht aus den früher genannten Arten. Die Buchenlaubsschicht ist zwar geschlossen, aber stark abgebaut.

2.33 Untersuchungsergebnisse

Die Entwicklungsphasen

Für den Urwald von Pečka ist der ausgeprägt kleinflächige Wechsel der Entwicklungsphasen kennzeichnend. Trotzdem lassen sie sich im allgemeinen deutlich unterscheiden. Ihre Ausdehnung beträgt in der Regel weniger als $\frac{1}{4}$ ha, so dass wir nur kleine typische Probeflächen ausscheiden konnten. Zur Hauptsache ist die späte *Optimalphase* vertreten, verhältnismässig wenig wiederum die *Plenterwaldphase*. Diese Verhältnisse dürften den Buchenurwäldern ziemlich allgemein entsprechen. Durch den Ausfall einzelner, starker Buchen wird zwar das gesamte Bestandesgefüge beeinträchtigt; grossflächige Zerfallsphasen und Zusammenbrüche fehlen jedoch. Die Bestandeslücken haben zumeist nur eine Ausdehnung von wenigen Aren und werden durch den sich rasch entwickelnden Buchen- oder Tannenunterwuchs bald wieder ausgefüllt. Die nur kleinflächigen Vorratsunterschiede gleichen sich bereits auf Flächen von 1 bis 2 ha weitgehend aus. Trotz einem örtlich sehr ungleichen und im allgemeinen nicht sehr hohen Beschirmungsgrad der Oberschicht ist die Mittelschicht allgemein schwach vertreten. Ihr Beschirmungsgrad liegt in der Regel unter 0,2. Der Tannenanteil ist in der Mittelschicht allgemein verhältnismässig gross. Stark unterschiedlich ist dagegen ihr Anteil in der zur Hauptsache aus Buchen bestehenden Unterschicht. Diese bedeckt zumeist ebenfalls weniger als 20 Prozent der Fläche. Einzig in der Zerfallsphase nimmt die Unterschicht etwa vier Fünftel und mehr der Fläche ein. Obwohl die Bestände stark ungleichaltrig sind, herrschen «Hal-

lenbestände» vor. Bei Alterszählungen an Stöcken einer benachbarten, genutzten ursprünglichen Urwaldfläche ergaben sich bei der Buche Alter zwischen 120 und 188 Jahren, im Mittel von 159 Jahren, bei der Tanne zwischen 86 und 320 Jahren, im Mittel von 158 Jahren. Schon auf kleinen Flächen lassen sich bedeutende Altersunterschiede auch bei den Bäumen der Unter- und Mittelschicht feststellen. Es ist daraus zu folgern, dass sich die Ansamung über einen sehr langen Zeitraum einstellt, was sich auch in der Höhenverteilung innerhalb der sehr lockeren Jungwüchse und Dickungen zeigt. Auszählungen in Jungwüchsen und Dickungen ergaben im Mittel auf jeweils 4 m² nur sechs Pflanzen, ziemlich gleichmässig auf Höhen von 25 cm bis 150 cm verteilt.

Zumeist ist die Tanne in den Jungwüchsen und Dickungen stärker vertreten als in der Oberschicht alter Bestände. Sobald genügend Licht vorhanden ist, zeichnet sich die Buche aber durch eine derart grosse Konkurrenzkraft aus, dass verhältnismässig viele Tannen ausgeschieden werden. Die Fichte vermag sich nur zufällig erfolgreich anzusamen und ist daher ganz allgemein spärlich und nur sporadisch vertreten.

Die Stammzahlen

Wie aus der folgenden Zusammenstellung hervorgeht, sind in den einzelnen Probeflächen sowohl die Baumzahlen als auch die Anteile von Buche und Tanne sehr verschieden. Der Anteil der Buche an der Baumzahl der Oberschicht bewegt sich zwischen 32 Prozent und 96 Prozent, ist im allgemeinen grösser als derjenige der Tanne und lässt keinen Zusammenhang mit der Entwicklungsphase erkennen. Ebenso zeigt sich keine deutliche Abhängigkeit der Baumartenanteile zwischen Ober-, Mittel- und Unterschicht. In der Mittelschicht ist bald der Buchenanteil, bald der Tannenanteil grösser, während in der Unterschicht zumeist die Tanne stärker vertreten ist. Ein deutlicher Baumartenwechsel lässt sich in diesem Urwald zumeist nicht feststellen.

Die grossen Unterschiede der Baumzahlen in den einzelnen, nur kleinen Probeflächen lassen zumeist keine eindeutigen Zusammenhänge erkennen, vor allem auch deshalb, weil ausser der Optimalphase nur wenige Probeflächen vorhanden sind. Immerhin ist auffallend, dass

Baumzahlen pro ha der lebenden Bäume in den einzelnen Probeflächen

Probe- fläche	Entwicklungsphase	Oberschicht		Total		Mittelschicht		Total		Unterschicht		Total	
		Bu	Ta	Bu	Ta	Bu	Ta	Bu	Ta	Bu	Ta	Bu	Ta
1	Optimalphase	333	51	384	17	67	84	—	50	350	168	518	
2	späte Optimalphase	188	38	226	13	—	13	38	25	239	63	302	
3	späte Altersphase	66	132	198	44	11	55	22	45	132	188	320	
4	Zerfallsphase	57	42	99	—	—	—	14	28	71	70	141	
5	Optimalphase	221	10	231	—	58	58	—	95	221	163	384	
6	späte Altersphase	224	31	255	15	—	15	15	—	254	31	285	
7	Zerfallsphase	133	52	185	—	11	11	—	27	133	90	223	
8	Plenterwaldphase	233	192	425	67	33	100	25	159	325	384	709	
9	Optimalphase	100	130	230	80	90	170	80	210	260	430	690	
10	Optimalphase	88	189	277	33	66	99	67	67	188	322	510	
11	Optimalphase	275	48	323	38	19	57	25	75	338	142	480	

die Plenterwaldphase (Probefläche 8) in allen Bestandesschichten verhältnismässig grosse Baumzahlen aufweist. Dies gilt auch für die Optimalphase. In der Altersphase und namentlich in der Zerfallsphase nehmen die Baumzahlen deutlich ab. In allen Entwicklungsphasen sind sie durchschnittlich am grössten in der Oberschicht, am kleinsten in der Mittelschicht.

Auffallende Unterschiede zeigen sich in den Anteilen von Buche und Tanne der einzelnen Entwicklungsphasen. Am grössten ist in der Oberschicht der prozentuale Buchenanteil in der Optimalphase, merklich kleiner in der Alters- und Zerfallsphase und am kleinsten in der Plenterwaldphase. Für die Mittelschicht lassen die verhältnismässig kleinen Baumzahlen keine deutlichen Zusammenhänge erkennen. Ebenso ist kein Einfluss des Tannen- bzw. Buchenanteils in der Oberschicht auf den Anteil dieser Baumarten in der Mittelschicht festzustellen. Dagegen ist bei einem grossen Anteil der Buche in der Oberschicht der Tannenanteil in der Unterschicht auffallend gross.

Die *Zahl der toten Bäume* ist in den einzelnen Probeflächen verschieden und verteilt sich auch ungleich auf die Stärkestufen. Auf diese Erscheinung wird bei den Angaben über den Holzvorrat näher eingetreten.

Die Kreisflächen

Die Kreisflächen pro ha betragen:

Kreisflächen der lebenden Bäume pro ha

Probe- fläche	Entwicklungsphase	Buche		Tanne		Total m ²
		m ²	%	m ²	%	
1	Optimalphase	33	59	23	41	56
2	späte Optimalphase	23	56	18	44	41
3	späte Altersphase	8	10	70	90	78
4	Zerfallsphase	13	25	40	75	53
5	Optimalphase	34	90	4	10	38
6	späte Altersphase	32	73	12	27	44
7	Zerfallsphase	18	31	39	69	57
8	Plenterwaldphase	21	33	43	67	64
9	Optimalphase	16	27	44	73	60
10	Optimalphase	13	21	50	79	63
11	Optimalphase	26	58	19	42	45

Die Probeflächen mit einem grossen Tannenanteil weisen verhältnismässig grosse Kreisflächen auf, 53 m² in der Zerfallsphase (Probefläche 4) bis 78 m² in der Altersphase (Probefläche 3). In den Probeflächen mit einem überwiegenden Anteil der Buche sind die Kreisflächen dagegen wesentlich kleiner. Sie nehmen mit zunehmendem prozentualem Buchenanteil ziemlich linear ab von 78 m² bei einem Buchenanteil von 10 Prozent bis auf 38 m² bei einem Buchenanteil von 90 Prozent. Im Vergleich mit den Angaben der Ertragstafeln und sogar mit vorratsreichen Plenterwäldern sind die Kreisflächen sehr gross, obwohl sie durchschnittlich wesentlich kleiner als im Urwald Peručica sind. Die grössten Kreisflächen werden im allgemeinen auch im Urwald Pečka in der späten Optimalphase und in der Altersphase erreicht.

Im Durchschnitt sämtlicher Probeflächen entfallen 94 Prozent der Kreisfläche auf die Oberschicht und nur 6 Prozent auf die Mittel- und Unterschicht. Der Anteil der Oberschicht an der Kreisfläche beträgt in der Plenterwaldphase 88 Prozent, in der frühen Optimalphase 91 Prozent, in der späten Optimalphase 94 Prozent, in der Altersphase 97 Prozent und in der Zerfallsphase sogar 98 Prozent. Verglichen mit dem Urwald Peručica ist der Anteil der Oberschicht um durchschnittlich 14 Prozent grösser, was für den ausgesprochen einschichtigen Aufbau der buchenreichen Bestände zeugt.

Die einzelnen *Baumarten* sind an den Kreisflächen wie folgt beteiligt:

Prozentualer Anteil der Baumarten an der Kreisfläche

Probe- fläche	Entwicklungsphase	Oberschicht		Mittelschicht		Unterschicht	
		Bu	Ta	Bu	Ta	Bu	Ta
1	Optimalphase	63	37	11	89	—	100
2	späte Optimalphase	56	44	100	—	70	30
3	späte Altersphase	7	93	73	27	62	38
4	Zerfallsphase	24	76	—	—	10	90
5	Optimalphase	98	2	—	100	—	100
6	späte Altersphase	71	29	100	—	100	—
7	Zerfallsphase	33	67	—	100	—	100
8	Plenterwaldphase	33	67	46	54	14	86
9	Optimalphase	28	72	32	68	12	88
10	Optimalphase	20	80	23	77	27	73
11	Optimalphase	59	41	57	43	10	90

Wie bereits erwähnt wurde, geht auch aus diesen Zahlen hervor, dass keine deutliche Abhängigkeit der Zusammensetzung der Mittel- und Unterschicht von denjenigen der Oberschicht besteht.

Baumhöhen und Massentarife

Die Messungen und Auswertungen der Baumhöhen erfolgten in gleicher Weise wie für die anderen Urwälder. Dabei zeigte es sich, dass die einzelnen Bestandesschichten Bäume ziemlich deutlich getrennter Durchmesserstufen umfassen und die Unterschiede zwischen den einzelnen Probeflächen zufälliger Art sind, so dass für jede der beiden Baumarten eine gemeinsame Höhenkurve für alle drei Bestandesschichten und sämtliche Probeflächen gezeichnet werden durfte. Die Streuung der Baumhöhen innerhalb der einzelnen Durchmesserstufen ist sowohl bei der Tanne wie bei der Buche gering. Einzig im Grenzbereich der Schichtzugehörigkeit und bei den stärksten Bäumen sind zum Teil erhebliche Unterschiede der Baumhöhen vorhanden.

Als *Maximalhöhen* wurden in den Probeflächen gemessen bei der

Buche 40 m (Durchmesser 118 cm)

Tanne 46 m (Durchmesser 122 cm)

Die *Mittelhöhen der Bestandesschichten* betragen:

Baumart	Oberschicht	Mittelschicht	Unterschicht
Buche	33 m	17,5 m	7,5 m
Tanne	37 m	18,5 m	10 m

Im kurzen Unterscheidungsbereich der Durchmesser der einzelnen Schichten betragen die ausgeglichenen Mittelhöhen und Schlankheitsgrade:

Mittelhöhen und Schlankheitsgrade der Buchen

Durchmesser cm	Mittelhöhe m			Schlankheitsgrad		
	Unter- schicht	Mittel- schicht	Ober- schicht	Unter- schicht	Mittel- schicht	Ober- schicht
12	8,2	16,0	—	68	133	—
30	—	21,2	30,0	—	71	100

Mittelhöhen und Schlankheitsgrade der Tannen

Durchmesser cm	Mittelhöhe m			Schlankheitsgrad		
	Unter- schicht	Mittel- schicht	Ober- schicht	Unter- schicht	Mittel- schicht	Ober- schicht
20	10,8	17,0	—	54	85	—
28	—	20,0	25,4	—	71	91

Die bedeutenden Unterschiede der Schlankheitsgrade im Grenzbereich der Bestandesschichten sind beträchtlich, wobei sich die gleichen Gesetzmässigkeiten wie in den anderen Urwäldern zeigen. Bei der Aufstellung der *Derbholzmassentarife* wurde in der bereits früher beschriebenen Weise vorgegangen.

Der Holzvorrat

Der Derbholzvorrat pro ha der einzelnen Probeflächen beträgt:

Probe- fläche	Entwicklungsphase	lebende Bäume		tote Bäume		Total m ³
		m ³	%	m ³	%	
1	Optimalphase	938	77	277	23	1215
2	späte Optimalphase	709	67	342	33	1051
3	späte Altersphase	1354	100	—	—	1354
4	Zerfallsphase	946	69	422	31	1368
5	Optimalphase	669	97	20	3	689
6	späte Altersphase	793	99	6	1	799
7	Zerfallsphase	1007	79	275	21	1282
8	Plenterwaldphase	1048	87	157	13	1205
9	Optimalphase	980	90	111	10	1091
10	Optimalphase	1048	96	48	4	1096
11	Optimalphase	742	69	335	31	1077

Den grössten Vorrat weist die Altersphase (Probefläche 3) auf. Im übrigen zeigt sich, dass die Vorratshöhe weniger von der Entwicklungsphase als vom Tannenanteil abhängt. Den grössten Anteil der toten Bäume weisen im allgemeinen die buchenreichen Bestände auf, und zwar handelt es sich, wie die folgende Zusammenstellung zeigt, zu-
meist um abgestorbene Tannen.

Abgestorbene Bäume pro ha in den einzelnen Probeflächen

Probe- fläche	Entwicklungsphase	abgestorbene Buchen			abgestorbene Tannen		
		Stamm- zahl	m ³	Mittel- stamm	Stamm- zahl	m ³	Mittel- stamm
1	Optimalphase	33	11	0,30	100	226	2,26
2	späte Optimalphase	—	—	—	88	342	3,89
3	späte Altersphase	—	—	—	—	—	—
4	Zerfallsphase	—	—	—	29	422	14,55
5	Optimalphase	29	20	0,69	—	—	—
6	späte Altersphase	46	6	0,13	—	—	—
7	Zerfallsphase	61	75	1,36	17	200	11,75
8	Plenterwaldphase	25	8	0,32	67	149	2,22
9	Plenterwaldphase	20	1	0,05	70	110	1,57
10	Optimalphase	67	4	0,06	89	44	0,44
11	Optimalphase	38	4	0,11	100	331	3,31

Vorrat der lebenden Bäume pro Hektar

Probefläche	Buche			Tanne			Total		
	Ober- schicht m ³	Mittel- schicht m ³	Unter- schicht m ³	Ober- schicht m ³	Mittel- schicht m ³	Unter- schicht m ³	Ober- schicht m ³	Mittel- schicht m ³	Unter- schicht m ³
1	553	4	—	340	38	3	893	42	3
2	384	3	7	313	—	2	697	3	9
3	90	27	6	1221	9	1	1311	36	7
4	230	—	—	706	—	9	936	—	9
5	624	—	—	12	27	6	636	27	6
6	566	8	1	218	—	—	784	8	1
7	326	—	—	668	10	3	994	10	3
8	330	12	1	679	19	7	1009	31	8
9	243	29	1	619	65	23	862	94	24
10	194	16	1	777	55	5	971	71	6
11	421	8	—	300	6	6	721	14	6
Durchschnitt	360	10	2	532	21	6	892	31	8
Prozentuale Verteilung									
der Baumart auf									
Bestandesschichten	97	3	—	95	4	1	96	3	1
Anteil									
am Gesamtvorrat der									
Bestandesschicht	40	32	25	60	68	75	100	100	100

Mit Ausnahme der Probefläche 7 (Zerfallsphase) handelt es sich bei den abgestorbenen Buchen vorwiegend um schwache Bäume der Mittel- und Unterschicht. Bei den abgestorbenen Tannen dagegen zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Stärke der abgestorbenen Bäume und der Entwicklungsphase. Namentlich in der Zerfallsphase sind vor allem sehr starke Bäume abgestorben.

Bei der *Verteilung des Holzvorrates der lebenden Bäume* fällt ganz allgemein der kleine Anteil der Mittel- und Unterschicht auf. Er liegt im allgemeinen unter 5 Prozent. Einzig in der Plenterwaldphase erreicht er etwas höhere Werte (Probefläche 9: 12 Prozent; Probefläche 8: 6 Prozent).

Zwischen der Höhe des Vorrates der Oberschicht und dem prozentualen Massenanteil der Mittel- und Unterschicht besteht kein deutlicher Zusammenhang. Dagegen weisen die tannenreichen Bestände im allgemeinen einen etwas höheren Anteil der Mittel- und Unterschicht auf. Es bestätigt sich darin erneut die ausgeprägte Tendenz der buchenreichen Bestände zur Einschichtigkeit.

Vitalität und dynamische Tendenz

Bei sämtlichen Bäumen der elf Probeflächen wurden die Vitalität und dynamische Tendenz in der früher beschriebenen Weise beurteilt und das Zahlenmaterial statistisch verarbeitet, so weit dessen Umfang ausreichend war.

Die Auswertungen ergaben die in der folgenden Tabelle aufgeführten Mittelwerte für die Vitalität, wobei aus wenigen Ansprachen ermittelte Werte in Klammern gesetzt oder weggelassen sind (siehe Tabelle Seite 104).

Aus diesen Angaben geht hervor, dass die *Vitalität der Bäume der Oberschicht* grosse Unterschiede zeigt. Eine verhältnismässig hohe Vitalität weisen beide Baumarten in der Optimalphase auf. In der Plenterwaldphase ist die Tanne wesentlich vitaler als die Buche, und in der Alters- und Zerfallsphase sind beide Baumarten erwartungsgemäss wenig lebenskräftig.

Gesamthaft besteht zwischen Tanne und Buche kein grosser Vitalitätsunterschied. Statistisch sind die Vitalitätsunterschiede zwischen den einzelnen Entwicklungsphasen nur für die Optimalphase gegen-

Mittelwerte der Vitalität

Probefläche	Oberschicht		Mittelschicht		Unterschicht	
	Ta	Bu	Ta	Bu	Ta	Bu
1 späte Optimalphase	(23,3)	17,0	—	—	—	—
2 späte Optimalphase	(23,3)	14,4	—	—	—	(23,3)
3 Altersphase	25,0	20,0	—	—	(20,0)	—
4 Zerfallsphase	—	—	(26,6)	—	—	—
5 späte Optimalphase	—	20,9	21,7	—	25,6	—
6 späte Altersphase	(25,0)	24,1	—	—	—	—
7 Zerfallsphase	18,9	19,6	—	—	22,0	—
8 Plenterwaldphase	16,1	19,6	(22,5)	23,8	22,1	(26,7)
9 Übergang Plenterwaldphase in die Optimalphase	18,5	17,0	17,8	23,8	22,9	20,0
10 frühe Optimalphase	15,3	20,0	18,3	(20,0)	26,7	21,7
11 frühe Optimalphase	15,0	13,4	(23,3)	15,0	23,3	25,0

über der Altersphase, der Plenterwaldphase und der Zerfallsphase gesichert, ebenso für die Plenterwaldphase gegenüber der Zerfallsphase.

Die geringen Baumzahlen liessen für die *Vitalität der Bäume der Mittel- und Unterschicht* keine statistische Auswertung zu. Tendenzmässig ist aber zu erkennen, dass die Vitalität der Tannen der Mittel- und Unterschicht in der Plenterwaldphase am grössten ist. Bei der Buche dagegen sind zwischen Optimal- und Plenterwaldphase keine Unterschiede festzustellen. Für weitere Vergleiche sind die Baumzahlen zu klein.

Wohl wegen der zu geringen Ausdehnung der Probeflächen lässt die Analyse der *Entwicklungstendenz* wenig deutliche Zusammenhänge erkennen. Deshalb wird im folgenden nur auf die wesentlichen Unterschiede zwischen einzelnen Probeflächen und den beiden Baumarten hingewiesen.

Für die Oberschicht liegen alle Mittelwerte mit Ausnahme der Plenterwaldphase nahe bei 2, also «mitwachsend». In dieser (Probefläche 8) zeigt die Tanne dagegen im Unterschied zur Buche eine deutlich aufsteigende Tendenz.

Deutlichere Unterschiede ergaben sich für die Mittelschicht und zum Teil auch für die Unterschicht. Während im allgemeinen keine grossen

Unterschiede zwischen Buche und Tanne bestehen, zeichnen sich in der Plenterwaldphase die Tannen gegenüber den Buchen durch eine stark aufsteigende Tendenz aus. Für die Mittelschicht beträgt in der Plenterwaldphase der Mittelwert bei der Tanne 1,8, bei der Buche nur 2,4, für die Unterschicht bei der Tanne 2,2 und bei der Buche 2,7. Eine stark aufsteigende Tendenz zeigen die Tannen der Mittel- und Unterschicht auch in der Zerfallsphase.

Der Durchmesserzuwachs

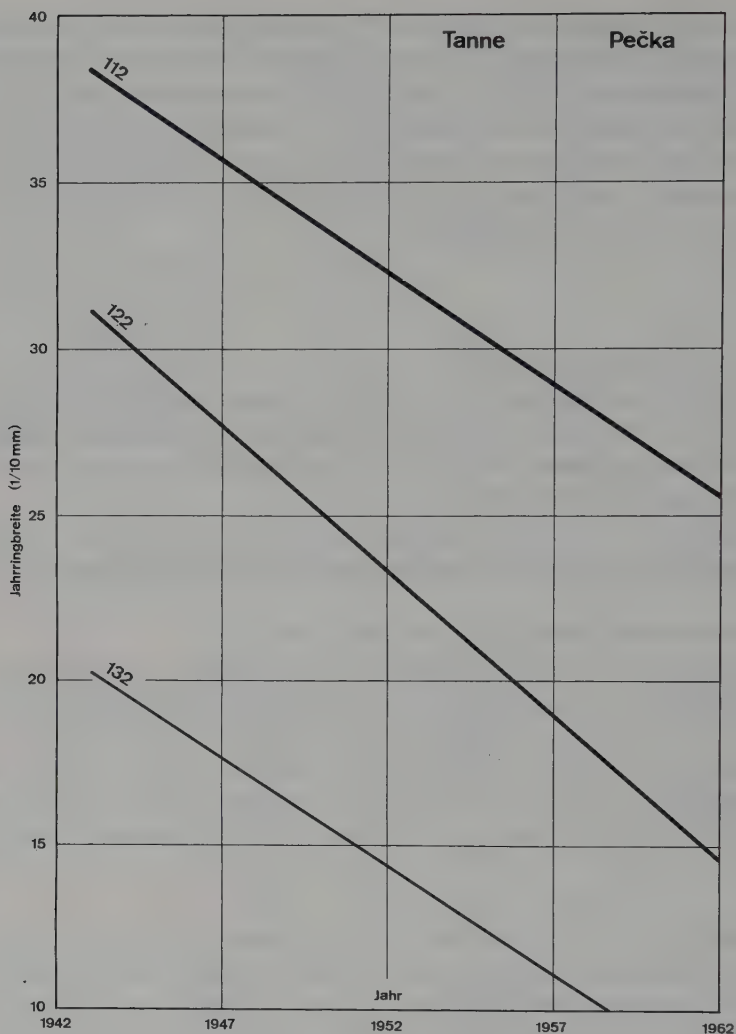
Für die Untersuchung des Durchmesserwachstumsverlaufes wurden die Bäume der gleichen Baumklasse sämtlicher Probeflächen wiederum zusammengefasst und für die letzten zehn und zwanzig Jahre Regressionsgeraden berechnet.

Die mittleren *Jahrringbreiten* der letzten zehn Jahre betragen:

Mittlere Jahrringbreiten der letzten zehn Jahre in mm

Baumklasse	Buche	Tanne
110	2,2	3,0
120	1,8	2,1
130	1,6	1,0
Mittel 100	1,9	2,0
210	2,0	1,7
220	1,7	1,0
230	1,6	0,9
Mittel 200	1,8	1,2
310	1,3	0,7
320	0,9	0,7
330	0,7	0,7
Mittel 300	0,9	0,7

Erwartungsgemäss sind die Jahrringbreiten von den Bäumen der Oberschicht allgemein grösser als bei Bäumen der Mittel- und Unterschicht. Bei der mehr Schatten ertragenden Tanne sind die Unterschiede grösser als bei der Buche, was sich damit erklären lässt, dass sie auch schlechter belichtete Stellen als die Buche bestockt. Im weiteren zeigt sich in allen Bestandesschichten eine deutliche Abnahme der



Darstellung 28: Urwald Pečča. Jahringbreiten der Oberschicht-Tannen verschiedener Vitalität.

Jahrringbreiten mit abnehmender Vitalität der Bäume, was die Zuverlässigkeit der Vitalitätseinschätzung erneut bestätigt. Schliesslich ist festzustellen, dass die Tannen der Oberschicht breitere Jahrringe aufweisen als die Buchen, während in der Mittel- und Unterschicht das Verhältnis umgekehrt ist. Dies dürfte in erster Linie darauf beruhen, dass die Tannen grössere Baumhöhen als die Buchen erreichen und daher in der Oberschicht deutlich dominieren. In der Mittel- und Unterschicht dagegen bestocken die Buchen vorwiegend besser beleuchtete Lücken.

Der Kreisflächenzuwachs

Die Berechnung des Kreisflächenzuwachses erfolgte mittels Bohrspänen von zufällig ausgewählten Bäumen aller Baumklassen.

Wie die folgende Zusammenstellung zeigt, bestehen zwischen den einzelnen Probeflächen zwar beträchtliche Unterschiede im durchschnittlichen Kreisflächenzuwachs der letzten zehn Jahre. Diese Unterschiede sind jedoch wegen der Kleinheit der Probeflächen und der daher geringen Anzahl der Bohrproben zufälliger Art und wenig aufschlussreich. Immerhin sind sowohl bei der Buche wie bei der Tanne gewisse Zusammenhänge zwischen dem jährlichen Kreisflächenzuwachs und dem Holzvorrat zu erkennen. Einem grossen Holzvorrat entspricht im allgemeinen auch ein grosser Kreisflächenzuwachs.

Jährlicher und prozentualer Kreisflächenzuwachs in den einzelnen Probeflächen

Probe- fläche	Entwicklungsphase	Buche Kreisflächen- zuwachs		Tanne Kreisflächen- zuwachs		Total Kreisflächen- zuwachs	
		m ² ha	%	m ² ha	%	m ² ha	%
1	Optimalphase	0,54	1,6	0,32	1,4	0,86	1,6
2	späte Optimalphase	0,39	1,7	0,24	1,3	0,63	1,5
3	späte Altersphase	0,16	2,1	0,92	1,3	1,08	1,4
4	Zerfallsphase	0,20	1,6	0,53	1,3	0,73	1,4
5	Optimalphase	0,56	1,6	0,08	1,9	0,64	1,7
6	späte Altersphase	0,53	1,7	0,16	1,3	0,69	1,6
7	Zerfallsphase	0,30	1,6	0,51	1,3	0,81	1,4
8	Plenterwaldphase	0,37	1,8	0,58	1,4	0,95	1,5
9	Optimalphase	0,30	1,9	0,63	1,4	0,93	1,6
10	Optimalphase	0,23	1,8	0,69	1,4	0,92	1,5
11	Optimalphase	0,44	1,7	0,26	1,4	0,70	1,6

Die Zusammenfassung aller Probeflächen ergab eindeutige und aufschlussreiche Unterschiede. So unterscheiden sich die Kreisflächenzuwachsprozente der einzelnen Bestandesschichten und vor allem verschiedener Vitalitätsgrade im allgemeinen erheblich. Die Unterschiede zwischen den Bestandesschichten beruhen immerhin zum grossen Teil auf den ungleichen mittleren Durchmessern, indem bei gleichen Jahrringbreiten die schwachen Durchmesser verhältnismässig hohe Kreisflächenzuwachsprozente aufweisen.

Die Kreisflächenzuwachsprozente der Bäume verschiedener Vitalitätsgrade lassen erneut die Zuverlässigkeit der Ansprache von Vitalitätsgraden erkennen.

Jährliche Kreisflächenzuwachsprozente während der letzten zehn Jahre von Buche und Tanne verschiedener Vitalitätsgrade und Bestandesschichten

Bestandesschicht	Buche Vitalität				Tanne Vitalität			
	10	20	30	gesamt	10	20	30	gesamt
Oberschicht (100)	2,23	1,83	1,03	1,63	1,81	1,48	0,64	1,30
Mittelschicht (200)	3,59	2,99	2,55	3,05	3,22	1,49	1,45	1,91
Unterschicht (300)	6,06	2,55	2,36	3,48	2,75	2,53	2,33	2,39

Die Kreisflächenzuwachsprozente sind bei den Buchen der Oberschicht vor allem wegen den im allgemeinen kleineren Durchmessern grösser als bei der Tanne. Bei beiden Baumarten fallen sie mit der Abnahme der Vitalität beträchtlich ab. In der Mittel- und in der Unterschicht mit unwesentlichen Unterschieden der Durchmesser sind die kleineren Zuwachsprozente der Tanne wiederum vor allem damit zu erklären, dass sie auch in den stark überschirmten Bestandespartien vertreten sind.

Auf eine *Berechnung des Massenzuwachses* wurde wegen der Kleinheit der Probeflächen verzichtet.

2.4 Der Urwald Kubany

2.41 Allgemeine Waldbeschreibung

Der bekannteste und am meisten beschriebene europäische Urwald stockt an einem steilen NW-Hang am Boubin-Berg (1362 m) im tschechoslowakischen Böhmen in 850 bis 1100 m ü. M. Schon 1847 legte dort der Forstmeister Josef John aus Vimperk eine Probefläche an, und im Jahre 1858 wurde das ursprünglich 147 ha umfassende Reservat errichtet, indem der damalige Eigentümer, Fürst Adolf zu Schwarzenberg, bestimmte, dass der schönste Teil des damaligen Urwaldes auf immerwährende Zeit von jeder Nutzung auszuschliessen sei. Die Holzmasse pro ha wurde 1850 in sieben Probeflächen bestimmt und betrug zwischen 754 und 1247 m³, im Durchschnitt 1000 m³. Ein Sturmschaden vom 26. Oktober 1870 und die darauf folgende Borkenkäferinvasion veranlassten, die eigentliche Reservatsfläche auf 47 ha zu vermindern. 1933 und 1958 wurde das Reservat wieder erweitert, so dass heute das gesamte Naturschutzgebiet 666 ha umfasst, wovon 163 ha auf den Urwald entfallen.

Die *geologische Unterlage* besteht aus kristallinen Schiefen und aus Gneisen. Der Boden, eine skelettarme Braunerde, ist sehr tiefgründig.

Das *Klima* ist gekennzeichnet durch etwa 1200 bis 1400 mm Niederschlag und eine mittlere Jahrestemperatur von etwa 3,5°. Der Winter ist sehr schneereich und bringt im Waldgebiet Schneehöhen bis zu 2 m.

Die *Vegetation* entspricht in den unteren Lagen dem Tannen-Buchewald (*Abieti-Fagetum*) in zahlreichen Ausbildungen, in den obersten Lagen Fichtenwaldgesellschaften. Hauptbaumarten sind demgemäss Buchen, Tannen und Fichten. Eingesprengt kommen der Bergahorn und die Bergulme vor.

In den tieferen Lagen verteilt sich der *Vorrat* von durchschnittlich 800 m³ pro ha etwa zu 50 Prozent auf die Fichte, zu 40 Prozent auf die Buche und zu 10 Prozent auf die Tanne. Der Bergahorn, zum Teil in mächtigen Exemplaren, ist überall mehr oder weniger regelmässig eingesprengt. In den höheren Lagen beträgt der Vorrat pro ha durchschnittlich noch etwa 530 m³ mit einem Anteil der Fichte von 80 bis

90 Prozent und der Buche und Tanne von je 5 bis 10 Prozent. Zusätzlich sind im Reservat pro ha noch etwa 50 bis 80 m³ stehendes Dürholz vorhanden, zum grösseren Teil aus Tannen bestehend.

Die Tannen erreichen Baumhöhen bis zu 50 m, Fichten sogar bis zu 60 m, die Buchen etwa 40 m. Eine der grössten Fichten des Reservates wurde im Jahr 1970 vom Sturm geworfen und wies eine Baumhöhe von 57,5 m, einen Bruthöhendurchmesser von 160 cm auf. Aus dem an das Reservat grenzenden Waldgebiet wurden 1882 eine 422jährige Fichte mit einer Höhe von 60 m, einem Bruthöhendurchmesser von 128 cm und einer Holzmasse von 45 m³ ausgestellt, eine 400jährige Tanne mit 50 m Höhe, 208 cm Durchmesser und einer Holzmasse von 65 m³. Die höchste Fichte wurde im Jahre 1929 mit einer Höhe von 62 m und 154 cm Bruthöhendurchmesser gemessen.

Nachdem der Urwald von Kubany schon 1904 von Arnold *Engler* eindrücklich beschrieben und seither in zahlreichen Veröffentlichungen behandelt wurde, verzichteten wir auf die Ausscheidung und Untersuchung von Probeflächen. Dagegen wurde Material ausgewertet, welches uns der verstorbene Eidg. Oberforstinspektor Dr. E. *Hess* überlassen hat. Ausserdem dürfte die Wiedergabe einiger bereits veröffentlichter Ergebnisse zum Vergleich mit unseren Untersuchungen in anderen Urwäldern von Interesse sein.

Seit 1954 wird das Reservat periodisch durch das Forschungsinstitut für Forst- und Jagdwesen in Zbraslav-Strnady analysiert, worüber bereits aufschlussreiche Veröffentlichungen vorliegen. 1959 und 1960 wurde es insbesondere durch V. *Samek* und M. *Jav ůrek* eingehend untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in einem auch deutsch abgefassten Exkursionsführer verwertet worden. Daneben wurde uns in verdankenswerter Weise auch unveröffentlichtes Material zur Verfügung gestellt.

2.42 Untersuchungsergebnisse

Dem Exkursionsführer über den «Boubínský Prales» vom Jahre 1968 entnehmen wir die folgenden Angaben:

Derbholzmasse pro Hektar der Bäume mit mehr als 10 cm Durchmesser in verschiedenen Waldgesellschaften

Waldgesellschaft	Baumart	lebende Bäume m ³	dürre Bäume	Gesamtmasse m ³
<i>Piceo-Fagetum phegopteridetosum</i>	Fichte	347	38 m ³ = 10%	385
	Buche	335	17 m ³ = 5%	352
	Tanne	113	21 m ³ = 16%	134
	Total	795	76 m ³ = 9%	871
<i>Piceo-Fagetum oxalidetosum</i>	Fichte	450	35 m ³ = 7%	485
	Buche	272	14 m ³ = 5%	286
	Tanne	83	6 m ³ = 7%	89
	Total	805	55 m ³ = 6%	860
<i>Petasito-Piceetum</i>	Fichte	392	24 m ³ = 6%	416
	Buche	30	3 m ³ = 9%	33
	Tanne	41	4 m ³ = 9%	45
	Total	463	31 m ³ = 6%	494
<i>Homogyno-Piceetum typicum</i>	Fichte	597	44 m ³ = 7%	641
	Buche	53	4 m ³ = 7%	57
	Tanne	198	16 m ³ = 7%	214
	Total	848	64 m ³ = 7%	912

Es ist festzustellen, dass der prozentuale Anteil des Dürholzes an der Gesamtmasse in allen Waldgesellschaften annähernd gleich gross ist und auch zwischen den einzelnen Baumarten im allgemeinen keine grossen Unterschiede aufweist.

Dagegen bestehen auffallende Unterschiede im Mittelstamm der einzelnen Baumarten sowohl der lebenden Bäume als auch des Dürholzes.

Mittelstämme des Derbholzes in den verschiedenen Waldgesellschaften

Waldgesellschaft	Baumart	lebende Bäume m ³	dürre Bäume m ³
<i>Piceo-Fagetum phegopteridetosum</i>	Fichte	2,01	0,70
	Buche	1,93	1,52
	Tanne	5,71	6,69
<i>Piceo-Fagetum oxalidetosum</i>	Fichte	2,05	0,40
	Buche	1,63	0,78
	Tanne	4,81	3,34
<i>Petasito-Piceetum</i>	Fichte	1,30	0,22
	Buche	1,37	1,18
	Tanne	2,25	1,95
<i>Homogyno-Piceetum typicum</i>	Fichte	1,36	0,21
	Buche	1,03	1,11
	Tanne	2,64	1,48
gesamtes Reservat	Fichte	1,72	0,44
	Buche	1,86	1,31
	Tanne	4,41	4,90

Bei der Fichte beträgt der Mittelstamm des Dürholzes durchschnittlich nur ein Viertel desjenigen der lebenden Bäume, bei der Buche dagegen rund drei Viertel, und bei der Tanne ist er im Durchschnitt sogar um 10 Prozent grösser. Dies steht in einem direkten Zusammenhang mit dem Lebenslauf der Bestände, dem Vorgang der Verjüngung der einzelnen Baumarten und der dadurch bedingten Bestandesstruktur. Die Fichte verjüngt sich an günstigen Stellen vor allem gruppen- und horstweise, so dass bis in die Stufe des mittleren Baumholzes eine intensive Ausscheidung besteht. Bei der Buche ist dies weniger ausgesprochen der Fall, und bei der sehr diffusen Ansamung der Tanne ist die Ausscheidung wie auch in anderen Urwäldern verhältnismässig gering. Dies zeigt sich deutlich im Verhältnis der mittleren Höhe der dünnen Bäume zur Oberhöhe der betreffenden Baumart. Bei der Fichte beträgt die Verhältniszahl mittlere Höhe der dünnen Bäume zur Oberhöhe 0,20 bis 0,52, bei der Buche 0,70 bis 0,79 und bei der Tanne 0,69 bis 0,85. Bei der Fichte erfolgt der Abgang grossenteils bereits in der Unter- und Mittelschicht, bei der Buche und namentlich der Tanne dagegen erst in der Oberschicht. Ebenso sind die durchschnittlichen Derbholzmassen von 20 Prozent der stärksten lebenden und abgestorbenen Bäume kennzeichnend.

*Durchschnittliche Derbholzmasse von 20 Prozent der stärksten Bäume
(verschieden nach Waldgesellschaften)*

Baumart	lebende Bäume m ³	dürre Bäume m ³
Fichte	4,3– 7,2	0,9– 3,3
Buche	3,4– 5,5	3,5– 5,6
Tanne	6,2–14,1	6,2–16,0

Bei der Fichte sind somit die abgestorbenen Bäume verhältnismässig schwach. Bei der Buche entsprechen die Durchmesser der toten Bäume etwa denjenigen des lebenden Bestandes, und bei der Tanne handelt es sich bei den Abgängen zum grossen Teil um grosse und alte Bäume.

Das uns vom Eidg. Oberforstinspektor Dr. E. Hess zur Verfügung gestellte Zahlenmaterial stammt von der Aufnahme vom Jahre 1924 einer 1 ha grossen Probefläche aus der Abteilung 31 des Urwaldes. Sämtliche Bäume mit mehr als 10 cm Brusthöhendurchmesser wurden nach 2-cm-Stufen kluppiert, und ausserdem wurden alle schwächeren Bäume mit mehr als 1 cm Durchmesser am Stammfuss ausgezählt. Von sämtlichen Bäumen der Probefläche wurde auch die Höhe gemessen.

Es ist auffallend, dass die Tanne über alle Durchmesserstufen mit ungefähr den gleichen kleinen Baumzahlen vertreten ist, was der bereits früher erwähnten Feststellung entspricht, wonach die Ausscheidung bei der sich vorwiegend einzeln verjüngenden Tanne gering ist. Auch bei der Buche ist die Abnahme der Baumzahlen mit zunehmendem Durchmesser verhältnismässig klein. Die Fichte zeigt dagegen eine ähnliche Verteilung der Baumzahlen, wie wir sie aus dem Wirtschaftswald kennen.

Die Anzahl der Bäume mit weniger als 10 cm Brusthöhendurchmesser (Durchmesser am Stammfuss 1 bis 12 cm) betrug auf der Probefläche bei der Fichte 349 pro ha, bei der Buche 12 und bei der Tanne nur 2. Auf den einzelnen Teilflächen des Reservates bestehen im Verjüngungszustand jedoch erhebliche Unterschiede, so dass die oben erwähnten Zahlen nicht verallgemeinert werden dürfen.

Die von E. Hess gewählte Probefläche zeigte nach dessen Angaben eine plenterwaldartige Struktur. Mit «nur» 554 m³ Derbholz pro ha ist der Vorrat wesentlich geringer als im Durchschnitt des ganzen Reservates (718 m³/ha). Er entspricht sowohl nach Höhe als auch der Verteilung auf die Stärkeklassen auffallend gut einigen vorratsreichen Plenterwäldern des bernischen Emmentals, wie die nachstehende Zusammenstellung zeigt (vgl. *Leibundgut* 1945).

Prozentuale Verteilung des lebenden Holzvorrates in der Probefläche «Hess» des Kubany-Reservates

Durchmesser cm	Fichte m ³	%	Tanne m ³	%	Buche m ³	%	Total m ³	%
16–24	26,74	8	0,67	1	7,67	6	35,08	6
24–36	54,16	16	4,43	4	21,51	18	80,10	14
36–52	97,33	30	10,82	10	39,38	32	147,53	27
52–72	88,96	27	27,88	27	53,20	44	170,04	31
72–96	60,93	19	59,87	58	—	—	120,80	22
Total	328,12	100	103,67	100	121,76	100	553,55	100

Wie bereits hervorgehoben wurde, wäre es jedoch unrichtig daraus zu schliessen, dass der Urwald allgemein die Struktur eines vorratsreichen Plenterwaldes aufweist. Einzelne Teilflächen, wie die von Hess ausgewählte Probefläche, können strukturell einem Plenterwald entsprechen. Es handelt sich jedoch um Ausnahmen. Zur Hauptsache sind auch im Kubany-Urwald die Alters- und Zerfallsphasen vertreten.

Aufschlussreich für die Ausscheidungsvorgänge sind die Unterlagen, welche uns vom Forschungsinstitut Strnady überlassen wurden. In vier Probeflächen von 1 ha bzw. 0,9 ha bei der Probefläche 3 betrug die Anzahl der Bäume mit mehr als 4 cm Brusthöhendurchmesser pro ha:

Baumzahlen pro Hektar

1 lebend, gesund; 2 tot; 3 gebrochen

Probefläche 1

Stärkeklasse cm	Fichte			Buche			Tanne			Total		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
4– 15,9	10	3	5	16	1	9	–	–	–	26	4	14
16– 23,9	8	4	1	33	1	4	–	–	–	41	5	5
24– 35,9	14	1	1	45	–	4	1	–	1	60	1	6
36– 51,9	9	–	–	42	–	1	6	–	1	57	–	2
52– 71,9	6	–	2	35	–	1	4	1	3	45	1	6
72– 91,9	4	–	1	6	–	–	5	–	5	15	–	6
92–111,9	2	–	2	–	–	–	4	–	2	6	–	4
112–160	1	–	–	–	–	–	1	–	2	2	–	2
Total	54	8	12	177	2	19	21	1	14	252	11	45

Probefläche 2

Stärkeklasse cm	Fichte			Buche			Tanne			Total		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
4– 15,9	36	12	7	31	3	6	–	–	–	67	15	13
16– 23,9	18	4	–	19	–	2	–	–	–	37	4	2
24– 35,9	12	2	–	52	–	6	–	–	–	64	2	6
36– 51,9	7	4	1	48	–	1	1	–	–	56	4	2
52– 71,9	7	–	1	38	–	5	3	1	1	48	1	7
72– 91,9	14	–	2	6	–	2	2	–	1	22	–	5
92–111,9	4	1	–	–	–	–	–	–	2	4	1	2
112–160	4	–	–	–	–	–	1	1	–	5	1	–
Total	102	23	11	194	3	22	7	2	4	303	28	37

Probefläche 3

Stärkeklasse cm	Fichte			Buche			Tanne			Total		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
4– 15,9	109	74	133	13	10	7	–	–	1	122	84	141
16– 23,9	76	12	1	23	1	7	–	–	–	99	13	8
24– 35,9	83	2	4	51	–	5	2	1	–	136	3	9
36– 51,9	52	–	2	53	–	2	1	–	2	106	–	6
52– 71,9	31	–	–	14	–	–	6	–	1	51	–	1
72– 91,9	9	–	–	–	–	–	4	1	–	13	1	–
92–111,9	2	–	–	–	–	–	2	–	–	4	–	–
112–160	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Total	362	88	140	154	11	21	15	2	4	531	101	165

Probefläche 4

Stärkeklasse cm	Fichte			Buche			Tanne			Total		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
4– 15,9	29	25	17	22	1	5	–	–	1	51	26	23
16– 23,9	20	5	–	23	–	3	1	–	–	44	5	3
24– 35,9	22	3	–	43	–	3	–	–	–	65	3	3
36– 51,9	25	1	1	46	1	1	2	1	–	73	3	2
52– 71,9	16	–	2	27	–	1	3	–	–	46	–	3
72– 91,9	15	1	1	1	–	–	5	2	2	21	3	3
92–111,9	9	1	1	–	–	–	1	1	1	10	2	2
112–160	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–
Total	136	37	22	162	2	13	12	4	4	310	43	39

Aus diesen Zahlen geht hervor, dass sowohl die Gesamtbaumzahl, als auch der Anteil von Fichte und Buche in den einzelnen Probeflächen sehr verschieden ist. Der Anteil der Tanne ist allgemein gering.

Damit wird auch für den Kubany-Urwald bestätigt, dass der Aufbau gesamthaft einheitlich erscheinender Urwaldkomplexe örtlich stark wechselt.

Gesamthaft weisen die vier Probeflächen bei der Fichte eine einigermaßen ausgeglichene Stammzahlkurve auf, wobei immerhin die Durchmesserstufen unter 24 cm verhältnismässig schwach vertreten sind.

Bei den Buchen dagegen sind die geringen Durchmesser schwach, diejenigen zwischen 24 und 66 cm sehr stark vertreten.

Bei der Tanne ist der Anteil erst bei den starken Stämmen gross.

Diese Feststellungen lassen wiederum deutlich das verschiedene Verhalten der drei Baumarten erkennen:

Die Fichte sammt sich zumeist in Bestandeslücken gruppen- und horstweise an. Die Ausscheidung ist daher anfänglich intensiv, was sich darin zeigt, dass in der Stärkeklasse 4 bis 15,9 cm mehr dürre und gebrochene als lebende Bäume vorhanden sind.

Die sich vorwiegend einzeln verjüngende und lange unter dem Bestandesschirm ausharrende Tanne weist dagegen bis zum vorwiegend altersbedingten Ausscheiden nur wenige Abgänge auf.

Die Buche verhält sich je nach den örtlichen Verhältnissen verschieden, bald wie die Tanne, bald wie die Fichte.

Aufschlussreich ist die *Anzahl der toten Bäume* in den einzelnen Stärkeklassen. Gesamthaft für die vier Probeflächen ergibt sich folgendes Bild:

Tote und gebrochene Bäume in Prozenten der Gesamt-Baumzahl²

Stärkeklasse cm	Fichte %	Buche %
4– 15,9	60	35
16– 23,9	19	17
24– 35,9	8	8
36– 51,9	8	3
52– 71,9	7	7
72– 91,9	8	–
92–111,9	50	–
112–160	–	–

Bei der Fichte wie bei der Buche entfallen die abgestorbenen Bäume hauptsächlich auf die Durchmesserstufen unter 24 cm.

Die lebenden *Derbholzvorräte pro Hektare* verteilen sich in den Probeflächen wie folgt auf die Baumarten:

Holzvorrat pro ha

Probefläche	Fichte		Buche		Tanne		andere Laubbäume		Total	
	m ³	%	m ³	%	m ³	%	m ³	%	m ³	%
1	135	20	400	59	147	21	–	–	682	100
2	329	41	434	53	51	6	–	–	814	100
3	419	56	234	31	100	13	3	–	753	100
4	372	50	294	39	79	11	–	–	745	100
Durchschnitt Probefläche 1–4	314	42	340	45	94	13	1	–	748	100

Obwohl die vier Probeflächen eine ungleiche Baumartenmischung aufweisen, unterscheiden sich die gesamten Holzvorräte pro ha verhältnismässig wenig. Sie unterscheiden sich gesamthaft auch nur

² Bei den kleinen Baumzahlen der Tanne wird auf eine Angabe verzichtet.

wenig vom angegebenen Vorrat für die tieferen Lagen des ganzen Urwaldreservates. Daraus geht erneut hervor, dass die Vorratshöhe für die Struktur eines Urwaldbestandes wenig aufschlussreich ist. Aussagekräftig sind vielmehr die Verteilung des Vorrates auf die Stärkeklassen, die Vitalitätsverhältnisse und die dynamische Tendenz der Bäume.

2.5 Der Urwald Derborence

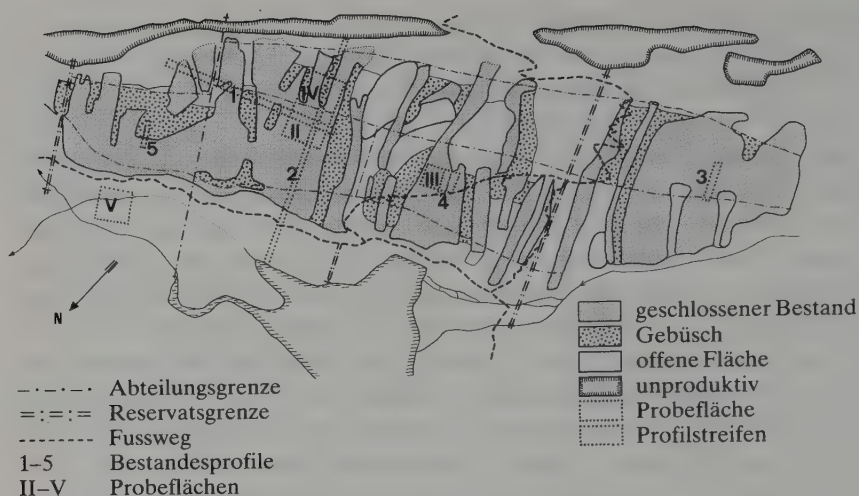
2.51 Allgemeine Waldbeschreibung

Der Urwald Derborence liegt südlich des Diablerets-Massives am Mont à Cavouère im Kanton Wallis. Er bestockt den steilen bis schroffen Nordwesthang zwischen der Alp Verouet und dem Lac de Derborence in einer Höhenlage von 1430 bis 1700 m ü. M. Die Steilheit des Hanges, der schluchtartige Einschnitt des Baches Derborence, eines Zuflusses der in die Rhone mündenden Lizerne, und die Unerschlossenheit des Gebietes haben bewirkt, dass auch vor den historischen Felsstürzen der Diablerets von 1714 und 1749³ nur im untersten Teil des Waldes vereinzelte Bäume als Schindelholz gefällt wurden. Diese Bergstürze haben ein riesiges Trümmerfeld hinterlassen, hinter dem der kleine Bergsee aufgestaut wurde, welcher gemeinsam mit dem vorgelagerten Trümmerfeld seit über 200 Jahren weitere Nutzungen auch in den talnahen Partien verunmöglicht hat. Der isolierte Waldkomplex ist talaufwärts und -abwärts von breiten Lawinenzügen begrenzt und umfasst eine bestockte Waldfläche von 22,3 ha. Das zusätzlich 29,7 ha unbestockte Fläche umfassende Reservat wurde im Jahre 1958 mit Mitteln aus einer «Taleraktion» des Schweiz. Bundes für Naturschutz und der Schweiz. Vereinigung für Heimatschutz durch Ankauf errichtet. Die Gemeinde Conthey als frühere Eigentümerin hat im Jahre 1960 ausserdem den Lärchen-Anfangswald auf dem Trümmerfeld und grosse Flächen um den See als Schutzzzone erklärt.

Die *geologische Unterlage* des Urwaldes besteht aus Kreidekalken, welche von einigen Flyschschichten durchzogen sind.

Klimatisch unterscheidet sich der Talkessel von Derborence stark vom übrigen Wallis. Über den Pas de Cheville haben die regenbringenden Westwinde Zutritt ins Tal, so dass die Luftfeuchtigkeit relativ hoch ist und die Niederschläge ein Jahresmittel von etwa 1200 mm erreichen. Die mittlere Jahrestemperatur dürfte am Lac de Derborence etwa 6°C betragen. Grosse, im Wald bis zu 2 m hohe Schneemengen, verkürzen die Vegetationszeit auf etwa 4½ Monate (Ende Mai bis Mitte Oktober).

³ Die Bergstürze bilden Gegenstand des Romanes «Derborence» von Ch.-F. Ramuz (1934).



Darstellung 29: Urwaldreservat Derborence.

Diese Verhältnisse erlauben die Ausbildung eines echten *Tannenwaldes* (*Abietetum albae Kuoch*) mit einer Lärchen- und Fichtenbeimischung. Sporadisch kommen Buchen und Bergahorne vor.

Das Reservat umfasst kleinflächig die folgenden *Waldtypen*:

- Anfangswald aus Fichten, Lärchen, Bergföhren und Weiden auf dem grobblockigen Bergsturzmateriel und dem Schwemmsanddelta um den See
- reine Fichtenbestände in den unteren Hanglagen
- plenterwaldartige Mischbestände aus Fichte und Tanne in den unteren Hanglagen
- reine Krüppelbestände aus Lärchen am Rande der Lawinenzüge und auf dem Trümmerfeld der Bergstürze
- Bergföhrenbestände auf flachgründigen Felsstandorten
- Grünerlengebüsche mit Vogelbeeren und vereinzelt Bergahornen.

2.52 Beschreibung der Abteilungen und Probeflächen

Der Waldkomplex wurde in acht Abteilungen unterteilt, wobei nur die Abteilungen 1 bis 4 unberührten Urwald umfassen. Die Abteilungen 5 und 6 bestehen aus Anfangs- und Übergangswald auf einem Blockfeld am Hangfuss und auf dem Talgrund. In den leichter zugänglichen Abteilungen 7 und 8 sind früher, wie bereits erwähnt, schwache Nutzungen vor allem von Schindeltannen ausgeführt worden. Diese Abteilungen gehören nicht zum Reservat, wurden trotzdem teilweise in die Untersuchungen einbezogen.

Über die *Flächen* gibt das folgende Verzeichnis Aufschluss:

Flächenverzeichnis

Abteilung	bestockte Fläche		unbestockte Fläche		Gesamtfläche ha
	Wald ha	Gebüsch ha	produktiv ha	unproduktiv ha	
1	1,4	0,6	—	—	2,0
2	2,1	0,3	0,5	0,1	3,0
3	1,7	0,6	1,1	—	3,4
4	1,7	0,8	1,9	0,6	5,0
5	1,5	—	—	—	1,5
6	2,4	—	—	—	2,4
7	1,7	—	1,2	—	2,9
8	2,4	—	1,0	—	3,4

Im Flächenverzeichnis der Abteilungen ist der ebenfalls zum Reservatsgebiet gehörende Wegstreifen zwischen den Abteilungen 1 und 5, bzw. 2 und 6 mit 1,3 ha Wald und 0,4 ha unbestockter Fläche nicht inbegriffen. Die nachstehend angegebenen Holzvorräte der Abteilungen beziehen sich auf die bestockte Waldfläche.

Die *Holzvorräte* pro ha der lebenden Bäume betragen im Schlusswald (Endglied der Vegetationsentwicklung) in den tiefer gelegenen Abteilungen 1, 2, 3 und 7 850 bis 930 m³, in den höher gelegenen Abteilungen 4 und 8 zwischen 560 und 819 m³. Die Abteilungen 5 und 6 sind von einem vorratsarmen Anfangs- und Übergangswald mit 111 bzw. 135 m³ pro ha bestockt.

Der *Beschreibung der Abteilungen* entnehmen wir die folgenden Angaben:

Abteilung 1, 1445 bis 1520 m ü. M. Mittlere Neigung 35°. NW-Exposition. Trotz der geringen Flächenausdehnung ist die Abteilung von sehr verschiedenen Kleinbeständen bestockt. Auf grobblockigem Material herrscht die Fichte vor, auf weniger skelettreichem Boden die Tanne. Die Bestände sind stark ungleichaltrig. Dichte, gleichförmige Fichtenbestände wechseln mit fast reinen Tannenbeständen und plenterwaldartigen Partien. Stellenweise besteht eine Anhäufung starker Baumleichen. Die Verjüngung ist allgemein spärlich. Lärchen und Bergföhren sind nur im obersten, felsigen Teil nennenswert vertreten.

Abteilung 2, 1445 bis 1550 m ü. M. Mittlere Neigung 35 bis 40°. NW-Exposition. Die Struktur des Waldes ist ähnlich wie in der Abteilung 1, im allgemeinen jedoch stufiger. Schöne plenterwaldartige Partien mit Fichten und Tannen wechseln mit gleichförmigen, nahezu reinen Fichten- oder Tannenbeständen. In grösseren Windwurflücken stocken jüngere Lärchen. Einzelne Teile sind stark überaltert und weisen viele stehende und liegende Baumleichen auf. Die Verjüngung ist spärlich, jedoch reichlicher als in der Abteilung 1.

Abteilung 3, 1475 bis 1550 m ü. M. Mittlere Neigung 35°. NNW-NW-Exposition. Einzelne Teile zeigen eine schöne Plenterwaldstruktur, andere sind überaltert und stark aufgelockert. Die Verjüngung ist verhältnismässig reichlich und oft in gut ausgebildeten Gruppen vertreten. Die Buche ist offensichtlich an ihrer oberen Verbreitungsgrenze. Ihre Jungwüchse sind oft nur noch strauchförmig.

Abteilung 4, 1530 bis 1625 m ü. M. Neigung 40 bis 45°. NNW-NW-Exposition. Die sehr uneinheitlich aufgebaute Abteilung weist viele aufgelöste Partien neben plenterwaldartigen Partien, Lärchengruppen und kleinen Kahlfleichen auf. Mit Ausnahme einiger Bestandeslücken ist nur spärlicher Jungwuchs vorhanden.

Abteilung 5, 1405 bis 1450 m ü. M. Leicht gegen NE abfallender Hangfuss. Auf dem zumeist grobblockigen Material stockt ein bis etwa 15 m hoher Übergangswald aus Lärchen, Bergföhren, einigen Waldföhren, Birken und Fichten. In der Unter- und Mittelschicht sind vor allem Fichten vorhanden.

Abteilung 6, 1450 bis 1455 m ü. M. Ebener Hangfuss. Stark von Grundwasser beeinflusster, lockerer Anfangs- und Übergangswald aus Lärchen, Bergföhren, einzelnen Waldföhren, Birken, Aspen und Fichten.

Abteilung 7, 1450 bis 1550 m ü. M. Neigung 35 bis 40° nach NW. Zum grossen Teil stufiger Mischbestand aus Tannen und Fichten mit eingesprengten Lärchen. Viele Stämme sind durch Steinschlag beschädigt. Die Lücken und Blössen sind vergrast oder von Hochstauden besetzt. Jungwuchsgruppen von Tannen und Fichten sind hauptsächlich an den Rändern von Starkholzhorsten vorhanden.

Abteilung 8, 1550 bis 1620 m ü. M. Mit etwa 30° nach NW abfallend. Uneinheitlicher, lückiger Bestand aus Lärchen, Fichten und Tannen. Weniger plenterwaldartig als Abteilung 7. Die offenen Flächen tragen Krautwuchs, stellenweise Gräser und Hochstauden. Ansamung ist vorwiegend auf Baumleichen vorhanden.

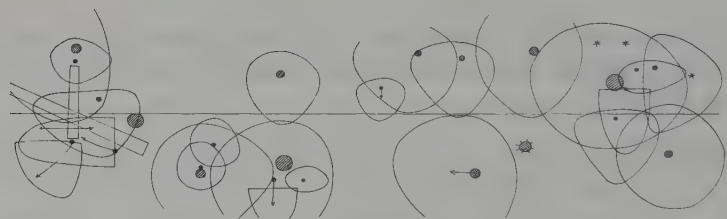
Die vier in die Untersuchung einbezogenen *Probeflächen 2–5* und die *Profilstreifen 1–5* wurden derart gewählt, dass sie gesamthaft das Urwaldreservat möglichst gut charakterisieren. Ihre geringe Ausdehnung ist durch die kleinflächige Ausbildung aufgebauter Bestandesteile bedingt.

Die *Probefläche 2* (0,25 ha) liegt in 1510 bis 1550 m ü. M. in der Abteilung 2 und umfasst einen plenterwaldartigen Waldteil mit einem Vorrat von 916 m³ pro ha.

Die *Probefläche 3* (0,15 ha) liegt in 1510 bis 1530 m ü. M. in der Abteilung 3 und besteht aus einem dichten Tannenbestand der späten Optimalphase mit beigemischten Fichten und vereinzelt Lärchen. Der Vorrat pro ha beträgt 1335 m³.

Die *Probefläche 4* (0,2 ha) liegt in der Abteilung 4 auf 1550 bis 1580 m ü. M. und kennzeichnet den plenterwaldartigen Bestandestyp der oberen Hanglagen. Der Vorrat pro ha beträgt 706 m³.

Die *Probefläche 5* auf 1440 m ü. M. entspricht dem Anfangs- und Übergangswald der Abteilung 5 mit Fichten, Lärchen, Waldföhren, Bergföhren, Aspen, Birken und Vogelbeeren. Die Tanne kommt bloss eingesprengt in der Mittel- und Unterschicht vor. Der Vorrat pro ha beträgt 104 m³.

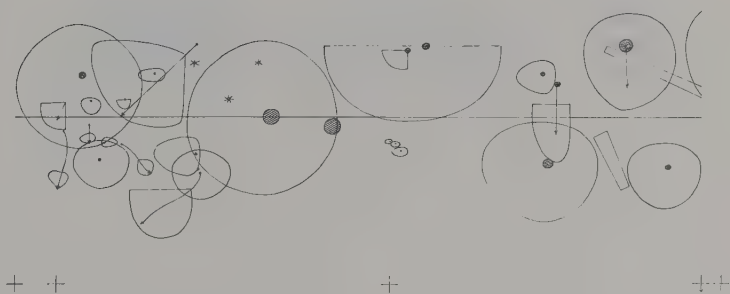


+ - +

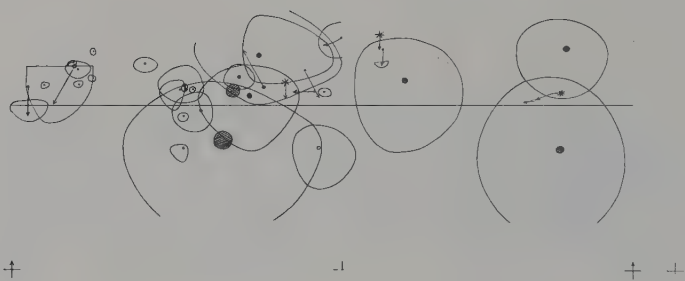
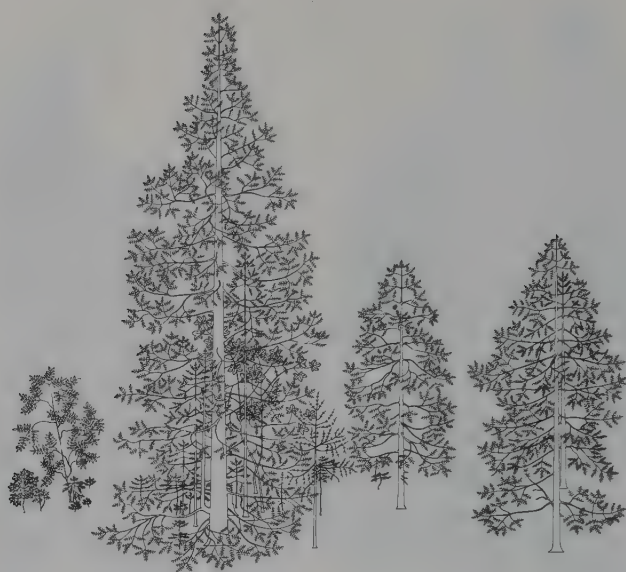
+

- +

Darstellung 30.1: Urwald Derborence. Bestandesprofil 1 (0 bis 40 m).



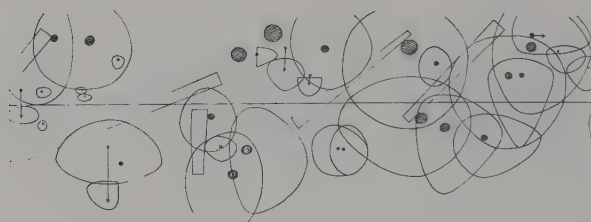
Darstellung 30.2: Urwald Derborence. Bestandesprofil 1 (40 bis 80 m).



Darstellung 30.3: Urwald Derborence. Bestandesprofil 1 (80 bis 120 m).



Darstellung 30.4: Urwald Derborence. Bestandesprofil 1 (120 bis 160 m).



Darstellung 30.5: Urwald Derborence. Bestandesprofil 1 (160 bis 200 m).



Darstellung 30.6: Urwald Derborence. Bestandesprofil 1 (200 bis 240 m).

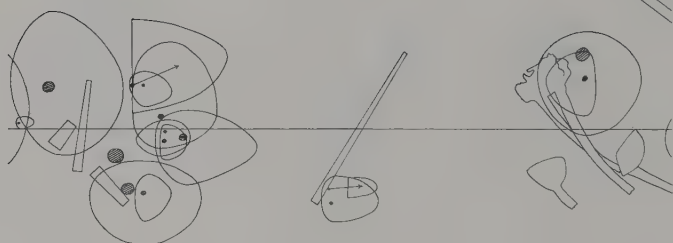


Darstellung 30.7: Urwald Derborence. Bestandesprofil 1 (240 bis 260 m).



Darstellung 31.1: Urwald Derborence. Bestandesprofil 2 (0 bis 40 m).

+



+

+

+

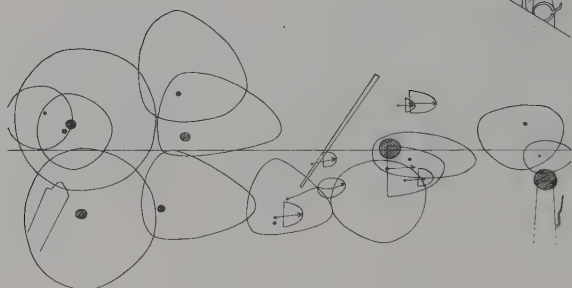
+

Darstellung 31.2: Urwald Derborence. Bestandesprofil 2 (40 bis 80 m).



Darstellung 31.3: Urwald Derborence. Bestandesprofil 2 (80 bis 120 m).

+



+

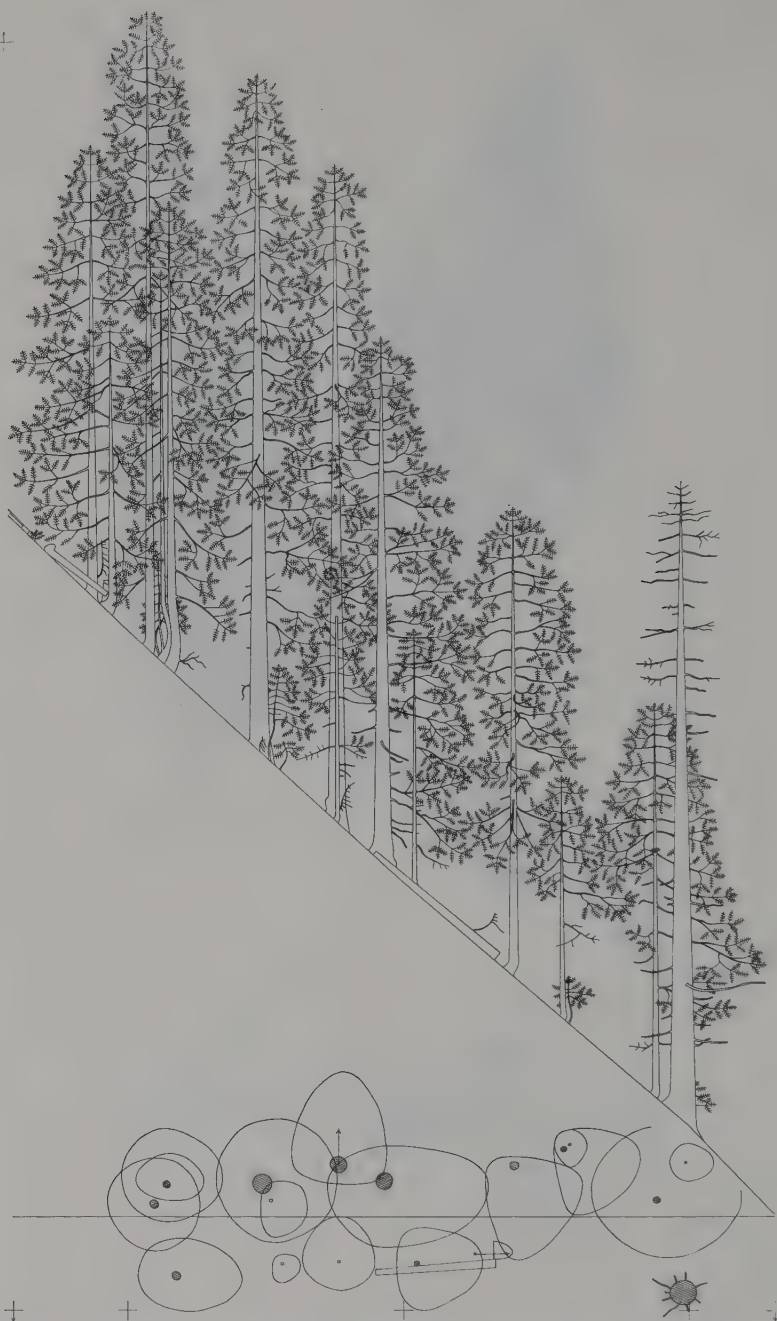
+

+

Darstellung 31.4: Urwald Derborence. Bestandesprofil 2 (120 bis 160 m).



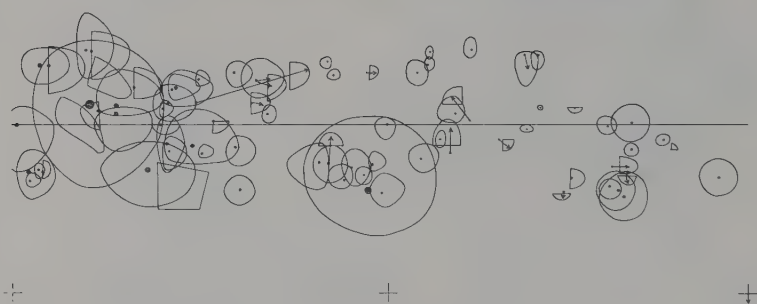
Darstellung 31.5: Urwald Derborence. Bestandesprofil 2 (160 bis 200 m).



Darstellung 31.6: Urwald Derborence. Bestandesprofil 2 (200 bis 240 m).



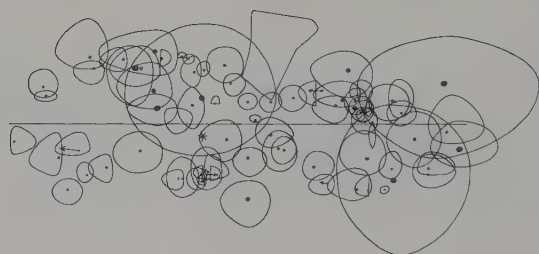
Darstellung 31.7: Urwald Derborence. Bestandesprofil 2 (240 bis 280 m).



Darstellung 31.8: Urwald Derborence. Bestandesprofil 2 (280 bis 320 m).



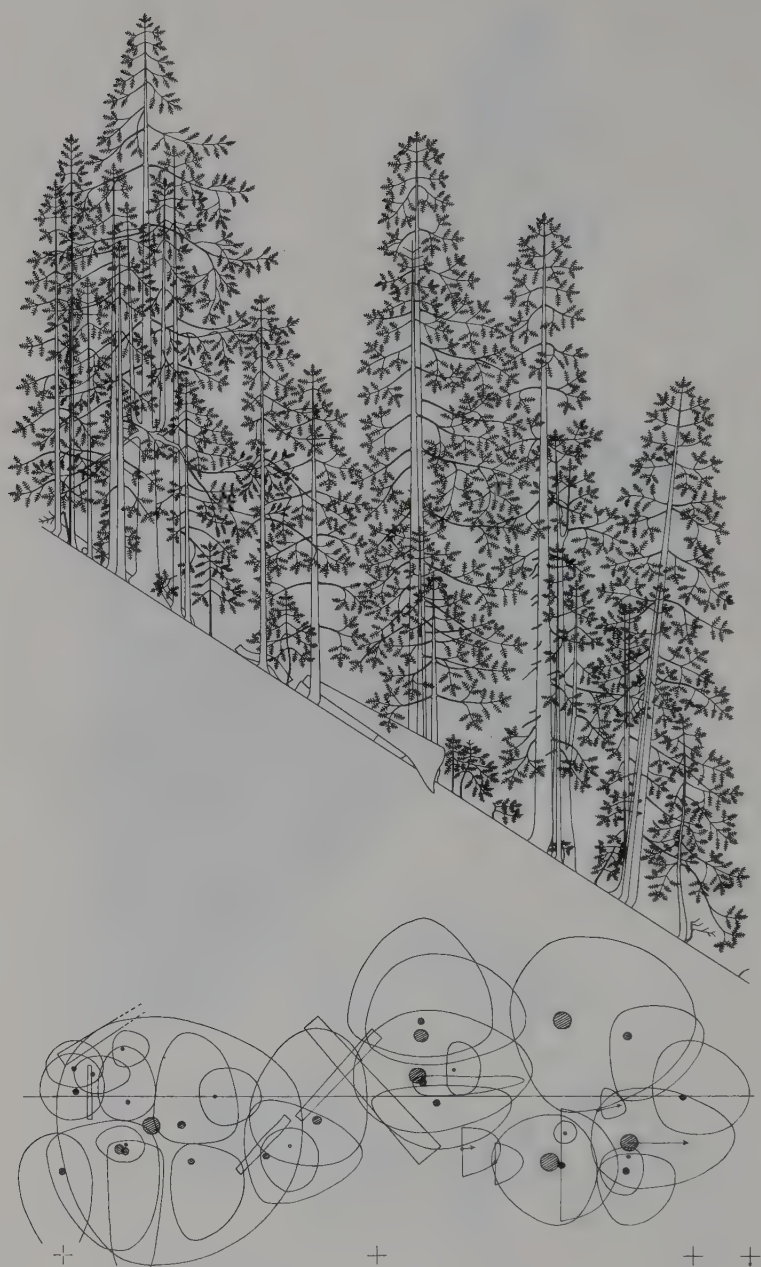
Darstellung 31.9: Urwald Derborence. Bestandesprofil 2 (320 bis 360 m).



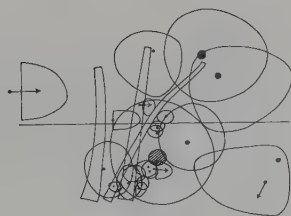
Darstellung 31.10: Urwald Derborence. Bestandesprofil 2 (360 bis 381 m).



Darstellung 32: Urwald Derborence. Bestandesprofil 3.



Darstellung 33.1: Urwald Derborence. Bestandesprofil 4 (0 bis 40 m).



+

+

+

Darstellung 33.2: Urwald Derborence. Bestandesprofil 4 (40 bis 60 m).



Darstellung 34: Urwald Derborence. Bestandesprofil 5.

2.53 Untersuchungsergebnisse

Die Entwicklungsphasen

Wie in der allgemeinen Beschreibung erwähnt wurde, weist das Reservat nur sehr kleinflächige Entwicklungsphasen auf. Das grobblockige Bergsturzmaterial verhindert die Entstehung ausgedehnter, geschlossener Bestände der Optimalphase, und dementsprechend fehlen auch grossflächig ausgebildete Alters- und Zerfallsphasen. Aus diesem Grund haben wir auf eine Kartierung und flächenmässige Ermittlung der einzelnen Entwicklungsphasen verzichtet. Zur Hauptsache handelt es sich um dauernd plenterwaldartige Bestandesstrukturen. Darin unterscheidet sich der Urwald von Derborence von allen andern in dieser Arbeit beschriebenen Urwäldern.

Die Baumzahlen

Die Baumzahlen pro ha der Bäume mit mehr als 8 cm Brusthöhendurchmesser und deren Verteilung sind in den einzelnen Probeflächen sehr ungleich. Sie betragen:

Baumzahlen pro ha der lebenden Bäume

Probefläche	Oberschicht	Mittelschicht	Unterschicht	Total
2 Plenterwaldphase	232	128	108	468
3 späte Optimalphase	107	140	113	360
4 Plenterwaldphase	230	220	195	645
5 Übergangswald	308	424	168	900

Die grösste Baumzahl weist in allen Schichten der Anfangswald der *Probefläche* 5 auf, wobei es sich hauptsächlich um Fichten (636 Bäume) und Lärchen (136 Bäume) handelt. Verhältnismässig geringe Baumzahlen weisen die Pionierbaumarten auf, nämlich die Aspe 52, die Bergföhre 36, die Weidenarten 12, die Waldföhren 8 und die Vogelbeeren und Birken je 4. Die 12 Tannen gehören ausschliesslich zur Mittel- und Unterschicht. In der tannenreichen *Probefläche* 3 sind dagegen neben den Tannen (187 Bäume) und Fichten (153 Bäume) nur wenige andere Baumarten vertreten, nämlich 13 Vogelbeeren und 7 Lärchen. In den beiden *Probeflächen* 2 und 4 mit einer Plenterwald-

struktur herrscht die Tanne vor (Probefläche 4 340 Bäume, Probefläche 2 300 Bäume). Während der Anteil der Tanne in der Unter- und Mittelschicht verhältnismässig gross ist, nimmt die Fichte einen grossen Teil der Oberschicht ein. Lärche, Vogelbeere und Bergahorn sind nur ganz schwach vertreten. Im übrigen gibt die auf der nächsten Seite stehende Tabelle Auskunft über den Anteil der einzelnen Baumarten.

Die toten Bäume verteilen sich wie folgt auf die einzelnen Stärkeklassen:

Prozentualer Anteil der toten Bäume in den einzelnen Stärkeklassen

Stärkeklasse	Probefläche			
	Plenterwaldphase 2	späte Optimalphase 3	Plenterwaldphase 4	Übergangswald 5
8–16 cm	3	–	–	1
16–24 cm	4	–	–	3
24–36 cm	–	9	–	–
36–52 cm	–	–	3	–
52–72 cm	–	–	–	–
72 und mehr cm	7	11	17	–

Der Anteil der toten Bäume ist mit Ausnahme der Starkholzklasse der Probeflächen 2 bis 4 durchwegs sehr klein. Er steht in deutlichem Zusammenhang mit der Grösse des Holzvorrates. Er ist am kleinsten in der vorratsarmen Probefläche 5, am grössten in der vorratsreichen Probefläche 3.

Die *Verteilung* der Anzahl lebender Bäume auf die Durchmesserstufen ist in den einzelnen Probeflächen stark verschieden. In den plenterwaldartig aufgebauten Probeflächen 2 und 4 ergibt sich trotz ihrer geringen Ausdehnung eine einigermaßen normal ausgeglichene Verteilungskurve. In der vorratsreichen Probefläche 3 mit ausschliesslich Tannen in den beiden obersten Stärkeklassen sind dagegen die Durchmesserstufen unter 52 cm im Vergleich zu den plenterwaldartigen Probeflächen schwach vertreten. Auffallend ist der verhältnismässig geringe Anteil der Fichte in der Oberschicht der Optimalphase, was auf ihre allmähliche Verdrängung durch die Tanne beim Übergang von der Plenterwaldphase in die Optimalphase hindeutet.

Prozentualer Anteil der Baumarten an der Baumzahl

Probefläche	Oberschicht					Mittelschicht					Unterschicht					Total				
	Ta	Fi	Lä	Fö	Lbb Bfö	Ta	Fi	Lä	Fö	Lbb Bfö	Ta	Fi	Lä	Fö	Lbb Bfö	Ta	Fi	Lä	Fö	Lbb Bfö
2 Plenterwaldphase	60	40	-	-	-	63	31	-	-	6	74	22	-	-	4	64	33	-	-	3
3 späte Optimalphase	81	19	-	-	-	38	57	5	-	-	42	47	-	-	11	52	42	2	-	4
4 Plenterwaldphase	41	59	-	-	-	61	27	7	-	5	56	36	-	-	8	53	41	2	-	4
5 Übergangswald	-	49	34	9	8	2	78	7	2	11	2	90	-	5	3	1	71	15	5	8

Die Anzahl der stehenden toten und gebrochenen Bäume beträgt in den einzelnen Probeflächen:

Tote Bäume pro ha

Probefläche	Total Stämme	in Prozenten der Gesamtzahl der einzelnen Baumarten alle Baumarten									
		Ta	Fi	Lä	Fö	Lbb	Bfö	Ta	Fi	Lä	Fö
2 Plenterwaldphase	12	1	5	alle				3			
3 späte Optimalphase	14	3	4	Baumarten weniger				4			
4 Plenterwaldphase	10	3	-	als 1%				2			
5 Übergangswald	12	-	2					1			

In der Probefläche 5 des Anfangswaldtyps entfällt nahezu die gesamte Baumzahl auf Durchmesserstufen unter 24 cm, und erwartungsgemäss weisen hier typische Baumarten des Anfangswaldes, die Lärchen und Aspen, die stärksten Durchmesser auf. In den unteren Durchmesserstufen sind dagegen hauptsächlich Fichten vorhanden. Die Tanne fehlt im Anfangswald nahezu vollständig.

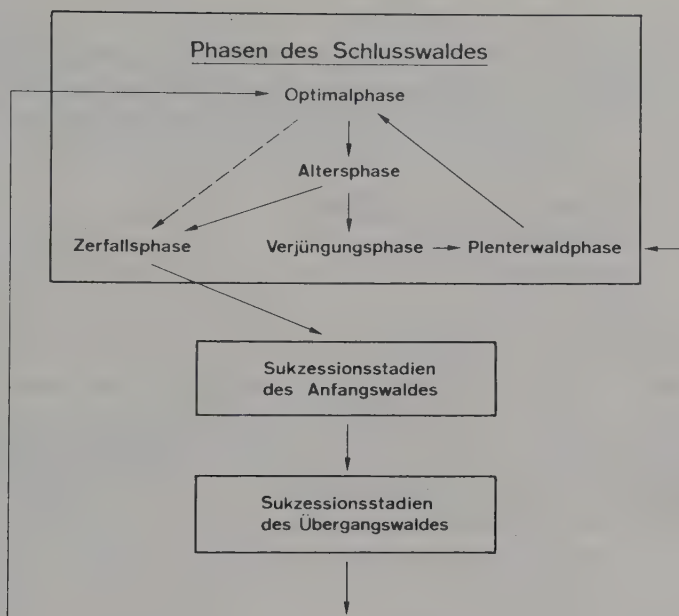
Die Anteile der einzelnen Baumarten in den vier Probeflächen lassen deutlich die *Folge der Bestandestypen* erkennen: Im Anfangs- und Übergangswald (Probefläche 5) ist von den Nadelbäumen neben der Lärche hauptsächlich in der Mittel- und Unterschicht die Fichte vertreten. Aus dem Übergangswald gehen daher vielfach nahezu reine Fichtenbestände hervor. Wo die Baumarten des Anfangswaldes zeitlich stark gestaffelt ausscheiden und sich der Fichtenunterwuchs nur langsam zu entwickeln vermag, stellt sich auch die Tanne ein und trägt dazu bei, dass der Übergangswald in plenterwaldartige Bestände aus vorwiegend Fichten und Tannen übergeht (Probefläche 4). Der Tannenanteil nimmt in der Plenterwaldphase fortwährend zu, und die späte Optimalphase und namentlich die vorratsreiche Altersphase wird schliesslich zum grössten Teil aus Tannen mit nur noch einem geringen Fichtenanteil gebildet. Wo nicht die Geländebeschaffenheit oder äussere Einwirkungen die Entstehung von geschlossenen Beständen der Optimalphase und deren Übergang in die Altersphase verhindern, folgt vielfach auf kleineren oder grösseren Flächen ein Zerfall einzelner Bestandesteile, wodurch Voraussetzungen für die Ansamung der Lichtbaumarten und die Bildung eines neuen Anfangswaldes entstehen.

Die Kreisflächen

Die Kreisflächen pro ha sind mit Ausnahme aufgelöster und zusammenbrechender Bestandesteile sehr hoch.

Kreisflächen der lebenden Bäume pro ha

Probefläche 2 (Plenterwaldphase)	71 m ²
3 (späte Optimalphase)	89 m ²
4 (Plenterwaldphase)	62 m ²
5 (Übergangswald)	16 m ²



Darstellung 35: Urwald Derborence. Schema der Dynamik von Tannen-Fichten-Buchen-Urwäldern.

Die beginnende Altersphase (Probefläche 3) weist wie in den anderen untersuchten Urwäldern die grösste Kreisfläche auf. In den plenterwaldartig aufgebauten Beständen (Probeflächen 2 und 4) sind die Kreisflächen erheblich grösser als in den Wirtschaftswäldern vergleichbarer Standorte.

Die Kreisflächen der einzelnen Bestandesschichten geben das gewohnte Bild: Im Übergangswald entfällt ein grosser Anteil auf die Mittel- und Unterschicht, während in plenterwaldartigen Beständen und in der Optimalphase mehr als drei Viertel der Kreisfläche der Oberschicht angehören.

Die Baumhöhen und Massentarife

In den Probeflächen wurden bei sämtlichen Bäumen die Höhen gemessen. Ergänzende Messungen erfolgten in den angrenzenden Beständen. Aufgrund dieser Messungen wurden für die folgenden Abteilungsgruppen Derbholz-Massentarife aufgestellt:

- Fichte Abteilungen 1, 2, 3, 4, 7 und 8
- Fichte Abteilungen 5 und 6
- Tanne Abteilungen 1, 2, 3, 4, 7 und 8
- Lärche alle Abteilungen
- Laubbäume alle Abteilungen

Für Fichte und Tanne wurden zur Aufstellung der Massentarife die ausgeglichenen V/G-Werte für Plenterwald verwendet, für die Lärche und Buche diejenigen für Hochwald. Für die Föhren und Bergföhren erfolgte die Massenberechnung nach dem Lärchentarif, für die Laubbäume nach demjenigen für Buche.

Die grössten gemessenen Baumhöhen betrugen bei der Fichte und Tanne 43,5 m, bei der Lärche 28,1 m.

Kreisflächen nach Bestandesschichten⁴

Probefläche	Oberschicht m ²	Mittelschicht m ²	Unterschicht m ²
2 Plenterwaldphase	65	5	1
3 späte Optimalphase	80	8	1
4 Plenterwaldphase	47	11	3
5 Übergangswald	9	6	2

Die bereits im Zusammenhang mit den Angaben über die absolute Grösse der Kreisflächen erfolgten Hinweise werden durch die folgenden Prozentzahlen noch deutlicher hervorgehoben. Vor allem zeigt sich darin offensichtlich die Tendenz zu einem Baumartenwechsel im Laufe der Phasenfolge.

Bis zum Durchmesser 94 cm liegt die Höhenkurve der Fichte um durchschnittlich 1 m über derjenigen der Tanne. Bei stärkeren Bäumen ist die Tanne um durchschnittlich 1 m höher. Die hauptsächlich nach Aufnahmen in der Probefläche 5 und deren Umgebung gezeichnete Höhenkurve der Lärche liegt wesentlich tiefer. Beim Brusthöhendurchmesser 80 cm beträgt der Unterschied gegenüber der Fichte und Tanne rund 8 m.

⁴ Die kleinen Differenzen gegenüber den angegebenen Gesamtkreisflächen beruhen auf der Auf- und Abrundung.

Prozentualer Anteil der Baumarten an der Kreisfläche

Probefläche	Oberschicht					Mittelschicht					Unterschicht				
	Ta	Fi	Lä	Fö	Lbb	Ta	Fi	Lä	Fö	Lbb	Ta	Fi	Lä	Fö	Lbb
	Bfö					Bfö					Bfö				
2 Plenterwald- phase	58	42	-	-	-	61	39	-	-	-	70	23	-	-	7
3 späte Optimalphase	97	3	-	-	-	49	50	1	-	-	29	61	-	-	10
4 Plenterwald- phase	41	59	-	-	-	70	23	5	-	2	60	36	-	-	4
5 Übergangswald	-	49	41	4	6	2	75	9	2	12	2	86	-	6	6

Der Derbholzvorrat
Der Derbholzvorrat pro ha beträgt in den einzelnen Abteilungen und Probeflächen:

Derbholzvorrat pro ha der Abteilungen

Abteilung	lebende Bäume		tote Bäume		Total m³
	m³	%	m³	%	
1	842	93	64	7	906
2	929	95	52	5	981
3	901	97	24	3	925
4	560	94	39	6	599
5	111	99	1	1	112
6	135	99	1	1	136
7	851	96	37	4	888
8	819	93	66	7	885

Derbholzvorrat pro ha der Probeflächen

Probefläche	lebende Bäume		tote Bäume		Total m³
	m³	%	m³	%	
2 Plenterwaldphase	916	94	60	6	976
3 späte Optimalphase	1335	89	171	11	1506
4 Plenterwaldphase	706	92	63	8	769
5 Übergangswald	104	99	1	1	105

Wie in den übrigen untersuchten Urwäldern sind die Holzvorräte in den eigentlichen Urwaldbeständen von Derborence mit durchschnittlich nahezu 900 m³ pro ha sehr hoch.

Auf die stehenden toten Bäume entfallen auch in Derborence nur geringe Holzmassen.

Die Verteilung des Holzvorrates auf die einzelnen *Baumarten* entspricht weitgehend den bereits bei den Kreisflächen gemachten Angaben.

Prozentualer Anteil der einzelnen Baumarten am Holzvorrat der Abteilungen

Abteilung	lebende Bäume					tote Bäume				
	Ta	Fi	Lä	Fö Bfö	Lbb	Ta	Fi	Lä	Fö Bfö	Lbb
1	47	52	1	—	—	93	7	—	—	—
2	61	37	2	—	—	73	27	—	—	—
3	77	19	4	—	—	97	3	—	—	—
4	53	38	9	—	—	76	24	—	—	—
5	1	60	28	7	4	—	57	8	25	10
6	1	63	27	6	3	—	100	—	—	—
7	66	31	3	—	—	100	—	—	—	—
8	58	35	7	—	—	64	36	—	—	—

Prozentualer Anteil der einzelnen Baumarten am Holzvorrat der Probeflächen

Probefläche	lebende Bäume					tote Bäume				
	Ta	Fi	Lä	Fö Bfö	Lbb	Ta	Fi	Lä	Fö Bfö	Lbb
2 Plenterwaldphase	58	42	—	—	—	1	99	—	—	—
3 späte Optimalphase	95	5	—	—	—	96	4	—	—	—
4 Plenterwaldphase	46	53	1	—	—	100	—	—	—	—
5 Übergangswald	1	60	30	2	7	—	100	—	—	—

Während in der Plenterwaldphase Fichte und Tanne annähernd gleich vertreten sind, wird die späte Optimalphase in Derborence fast nur noch von der Tanne gebildet. Dieses beruht einerseits darauf, dass die Tannen wesentlich älter als die Fichten werden, andererseits aber auch auf dem Umstand, dass im Laufe der Sukzession nach dem Zerfall von Beständen die Fichte schon im Anfangswald erscheint, während sich die konkurrenzkräftige Tanne zumeist viel später einstellt. Eine wesentliche Rolle dürfte der dadurch bedingte ungleiche Wachstumsverlauf der beiden Baumarten spielen: Die Fichte mit einem zumeist

raschen Wachstumsverlauf in der Jugend altert verhältnismässig früh. Die Tanne mit einem gewöhnlich stark gedämpften Jugendwachstum verschiebt die Kulmination des Höhenwachstums in ein höheres Alter, altert langsamer und wird daher auch erheblich älter als die Fichte. Dies zeigt sich auch in der *Verteilung des Vorrates auf die Stärkeklassen*.

Prozentuale Verteilung des Vorrates auf die Stärkeklassen

Stärke- klasse cm	Ta		Fi		Lä		Fö, Bfö		Nb total		Lbb total	
	leb.	tot	leb.	tot	leb.	tot	leb.	tot	leb.	tot	leb.	tot

Abteilung 1

8–15,9	0,7	0,2	1,3	9,3	2,3	–	100,0	–	1,1	0,9	17,2	–
16–23,9	2,1	–	4,5	7,4	12,2	–	–	–	3,5	0,5	–	–
24–35,9	6,3	0,5	16,7	44,3	45,5	–	–	–	12,1	3,5	82,8	–
36–51,9	20,3	5,7	32,5	39,0	40,0	–	–	–	26,9	8,0	–	–
52–71,9	26,0	–	27,8	–	–	–	–	–	26,6	–	–	–
72 u. mehr	44,6	93,6	17,2	–	–	–	–	–	29,8	87,1	–	–

Abteilung 2

8–15,9	0,9	0,4	1,5	1,0	3,0	–	100,0	–	1,1	0,6	64,4	–
16–23,9	2,8	0,6	3,8	3,8	7,9	–	–	–	3,2	1,4	35,6	–
24–35,9	6,7	2,3	12,0	2,3	32,2	–	–	–	9,1	2,3	–	–
36–51,9	16,2	8,2	19,7	5,4	56,9	–	–	–	18,2	7,5	–	–
52–71,9	20,4	12,2	22,2	15,4	–	–	–	–	20,7	13,0	–	–
72 u. mehr	53,0	76,3	40,8	72,1	–	–	–	–	47,7	75,2	–	–

Abteilung 3

8–15,9	0,5	0,2	2,3	7,6	3,1	–	–	–	1,0	0,4	66,7	–
16–23,9	0,7	–	6,2	28,2	6,1	–	–	–	2,0	0,7	33,3	–
24–35,9	2,5	2,1	13,9	64,2	9,0	–	–	–	4,8	3,8	–	–
36–51,9	6,8	–	18,1	–	37,5	–	–	–	10,0	–	–	–
52–71,9	15,1	35,5	26,2	–	44,3	–	–	–	18,2	34,5	–	–
72 u. mehr	74,4	62,2	33,3	–	–	–	–	–	64,0	60,6	–	–

Abteilung 4

8–15,9	1,8	0,2	2,2	0,2	3,9	–	100,0	–	2,1	0,2	49,1	–
16–23,9	4,1	1,0	4,2	2,9	14,1	–	–	–	5,1	1,4	50,9	–
24–35,9	10,0	1,2	13,8	4,2	36,5	–	–	–	13,8	1,9	–	–
36–51,9	20,9	3,8	22,5	14,7	36,0	–	–	–	22,9	6,5	–	–
52–71,9	18,6	–	27,2	27,8	9,5	–	–	–	21,1	6,8	–	–
72 u. mehr	44,6	93,8	30,1	50,2	–	–	–	–	35,0	83,2	–	–

Stärke- klasse cm	Ta		Fi		Lä		Fö, Bfö		Nb total		Lbb total	
	leb.	tot	leb.	tot	leb.	tot	leb.	tot	leb.	tot	leb.	tot

Abteilung 5

8–15,9	38,7	–	26,8	17,6	12,1	100,0	32,1	53,2	23,0	34,8	26,3	100,0
16–23,9	61,3	–	36,0	21,7	42,0	–	29,5	46,8	37,6	27,1	49,6	–
24–35,9	–	–	24,9	60,7	32,8	–	22,8	–	26,8	38,1	6,2	–
36–51,9	–	–	12,3	–	13,1	–	15,6	–	12,6	–	17,9	–
52–71,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
72 u. mehr	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Abteilung 6

8–15,9	28,1	–	17,3	31,1	8,8	–	31,8	–	15,9	31,1	–	–
16–23,9	50,2	–	24,5	68,9	24,1	–	24,8	–	24,8	68,9	–	–
24–35,9	21,7	–	40,9	–	52,1	–	43,4	–	43,9	–	–	–
36–51,9	–	–	14,5	–	15,0	–	–	–	13,6	–	–	–
52–71,9	–	–	2,8	–	–	–	–	–	1,8	–	–	–
72 u. mehr	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Abteilung 7

8–15,9	0,7	0,3	1,9	100,0	2,2	17,4	–	–	1,1	0,4	100,0	–
16–23,9	3,0	0,6	6,5	–	9,1	82,6	–	–	4,3	0,9	–	–
24–35,9	10,8	2,3	20,6	–	23,4	–	–	–	14,2	2,4	–	–
36–51,9	20,6	8,1	30,0	–	34,6	–	–	–	23,9	8,0	–	–
52–71,9	21,7	21,5	19,4	–	30,7	–	–	–	21,3	21,4	–	–
72 u. mehr	43,2	67,2	21,6	–	–	–	–	–	35,2	66,9	–	–

Abteilung 8

8–15,9	10,5	0,4	0,8	0,6	1,7	–	–	–	0,7	0,5	100,0	–
16–23,9	2,1	1,2	1,9	1,3	3,8	–	–	–	2,1	1,2	–	–
24–35,9	8,2	1,0	8,0	–	13,7	–	–	–	8,6	0,6	–	–
36–51,9	24,6	7,9	25,1	5,5	40,9	–	–	–	26,0	7,1	–	–
52–71,9	22,7	14,4	33,1	–	35,8	–	–	–	27,2	9,2	–	–
72 u. mehr	41,9	75,1	31,1	92,6	4,1	–	–	–	35,4	81,4	–	–

Probefläche 2

8–15,9	0,5	–	0,4	0,2	–	–	–	–	0,5	0,2	46,2	–
16–23,9	1,9	100,0	1,8	–	–	–	–	–	1,8	0,9	53,8	–
24–35,9	7,1	–	5,7	–	–	–	–	–	6,5	–	–	–
36–51,9	17,0	–	15,0	–	–	–	–	–	16,2	–	–	–
52–71,9	9,0	–	17,7	–	–	–	–	–	12,6	–	–	–
72 u. mehr	64,5	–	59,4	99,8	–	–	–	–	62,4	98,9	–	–

Stärke- klasse cm	Ta		Fi		Lä		Fö, Bfö		Nb total		Lbb total	
	leb.	tot	leb.	tot	leb.	tot	leb.	tot	leb.	tot	leb.	tot

Probefläche 3

8–15,9	0,1	–	2,8	–	100,0	–	–	–	0,3	–	100,0	–
16–23,9	0,1	–	17,5	–	–	–	–	–	1,0	–	–	–
24–35,9	1,2	–	45,1	100,0	–	–	–	–	3,3	–	–	–
36–51,9	3,0	–	34,6	–	–	–	–	–	4,6	–	–	–
52–71,9	6,8	–	–	–	–	–	–	–	6,5	–	–	–
72 u. mehr	88,8	100,0	–	–	–	–	–	–	84,3	–	–	–

Probefläche 4

8–15,9	1,1	–	1,1	–	20,5	–	–	–	1,2	–	32,4	–
16–23,9	4,2	–	2,7	–	–	–	–	–	3,4	–	67,6	–
24–35,9	11,8	–	10,3	–	79,5	–	–	–	11,3	–	–	–
36–51,9	40,1	15,0	26,6	–	–	–	–	–	32,7	15,0	–	–
52–71,9	13,5	–	26,1	–	–	–	–	–	20,2	–	–	–
72 u. mehr	29,3	85,0	33,2	–	–	–	–	–	31,2	85,0	–	–

Probefläche 5

8–15,9	22,2	–	40,9	8,1	10,5	–	100,0	–	32,7	8,1	31,8	–
16–23,9	77,8	–	44,3	91,9	41,6	–	–	–	42,4	91,9	43,6	–
24–35,9	–	–	14,8	–	24,8	–	–	–	17,5	–	17,8	–
36–51,9	–	–	–	–	23,1	–	–	–	7,4	–	6,8	–
52–71,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
72 u. mehr	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Die Verteilung des Holzvorrates auf die Stärkeklassen zeigt bei den Urwaldabteilungen im Vergleich zu den vorratsreichen Plenterwäldern des Emmentals, mit Ausnahme des Dürsrütiwaldes mit einem Hektarvorrat von nahezu 1000 m³, einen sehr geringen Anteil der Stärkeklassen 8 bis 15,9 cm und 16 bis 23,9 cm, dagegen einen verhältnismässig grossen Anteil der beiden mittleren Stärkeklassen. Der Anteil der beiden obersten Stärkeklassen entspricht in den meisten Urwaldabteilungen annähernd demjenigen vorratsreicher Plenterwälder.

Die Probeflächen 2 und 4 der Plenterwaldphase weisen mit 63,2 % im Mittel den gleichen Starkholzanteil auf wie die Abteilungen 1, 2, 3, 4 und 7 (63,9 %). In der späten Optimalphase (Probefläche 3) besteht dagegen nahezu der gesamte Holzvorrat aus Starkholz (90,8 %).

Diese Feststellung bestätigt erneut, dass im Tannen- und Buchen-Urwald überall dort, wo eine Entwicklung zur Optimalphase möglich ist, plenterwaldähnliche Strukturen nur vorübergehend vorkommen. Die dauernde Erhaltung von Plenterwaldstrukturen setzt auf solchen Standorten waldbauliche Eingriffe, vor allem in den mittleren Stärkeklassen, voraus.

Die *Verteilung der toten Bäume* auf die Stärkeklassen entspricht nicht derjenigen des lebenden Holzvorrates. Bei der Tanne entfallen die toten Bäume hauptsächlich auf die beiden obersten, bei der Fichte dagegen auf die unteren Stärkeklassen. Die Ursachen dieses Unterschiedes wurden bereits früher erwähnt.

Der auffallend geringe Anteil toter Laubbäume beruht in erster Linie darauf, dass abgestorbene Stämme rasch vermorschen und umfallen, vor allem, wenn es sich wie in Derborence vorwiegend um Aspen, Birken und Vogelbeeren geringer Dimensionen handelt.

Die Vitalität und dynamische Tendenz

Die Vitalität und dynamische Tendenz wurden in den vier Probeflächen ermittelt und ergaben die folgenden Mittelwerte:

*Mittlere Vitalität*⁵

Probefläche	Oberschicht		Mittelschicht		Unterschicht	
	Ta	Fi	Ta	Fi	Ta	Fi
2	19,1	19,6	20,5	20,0	20,5	28,3
3	18,5	—	16,3	17,5	15,7	21,3
4	18,4	20,4	19,3	19,2	21,4	24,3
5	—	20,3	—	21,3	—	21,8

*Mittlere dynamische Tendenz*⁵

Probefläche	Oberschicht		Mittelschicht		Unterschicht	
	Ta	Fi	Ta	Fi	Ta	Fi
2	1,9	1,9	1,8	1,8	2,1	—
3	1,9	—	1,4	1,3	1,6	1,6
4	1,8	1,9	1,6	1,5	2,2	2,6
5	—	1,2	—	1,5	—	1,9

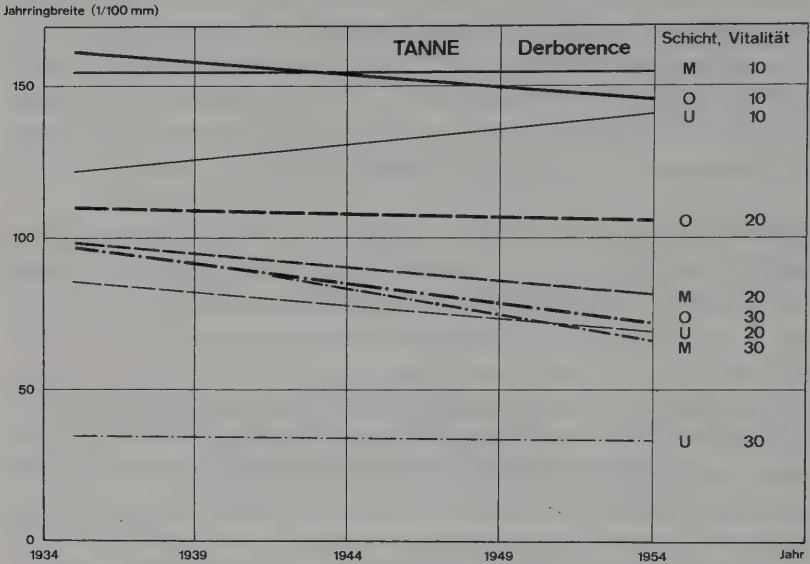
⁵ Bei zu kleinen Baumzahlen werden keine Mittelwerte angegeben.

Die *Vitalität* zeigt vor allem bei den Bäumen der Mittel- und Unterschicht eine deutliche Abhängigkeit von den Bestandesstrukturen. Wo die Bäume dieser Bestandesschichten vorwiegend Lücken der Oberschicht besetzen, ist die Vitalität allgemein grösser als bei gleichmässiger Überschirmung. Dies ist vor allem bei der Fichte auffallend. Ihre Vitalität nimmt im allgemeinen von der Oberschicht zur Mittel- und Unterschicht deutlich ab. Einzig in der sehr vorratsreichen Probestfläche 3, wo die Mittel- und Unterschicht fast ausschliesslich nur in vorhandenen Bestandeslücken vorhanden ist, weisen die Bäume eine verhältnismässig hohe Vitalität auf. In der Unterschicht ist die Tanne allgemein vitaler als die Fichte, was sich vor allem durch die ungleichen Lichtansprüche der beiden Baumarten erklären lässt.

Die *Entwicklungstendenz* zeigt im wesentlichen die gleichen Zusammenhänge wie die Vitalität, was selbstverständlich erscheint, indem vitale Bäume im allgemeinen auch ein verhältnismässig grosses Höhenwachstum aufweisen. Auffallend ist wiederum die stark aufsteigende Tendenz der Fichten und Tannen der Mittel- und Unterschicht in der Probestfläche 3. Die Erklärung dieser Erscheinung deckt sich mit den bereits bei der Vitalität angeführten Ursachen. Bemerkenswert ist, dass die Fichten wie die Tannen der Mittelschicht in den beiden plenterwaldartigen Probestflächen 2 und 4 eine deutlich verschiedene Vitalität und Entwicklungstendenz aufweisen. Die Probestfläche 4 mit einem Vorrat von 706 m^3 pro ha zeigt günstigere Verhältnisse als die vorrats- und besonders starkholzreiche Probestfläche 2 mit einem Vorrat pro ha von 916 m^3 pro ha.

Der Durchmesserzuwachs

Die Bohrspäne wurden zum grossen Teil in den Probeflächen entnommen. Die Berechnung der mittleren Jahrringbreiten und der Regressionsgeraden für die letzten 20 Jahre zeitigten die folgenden Ergebnisse:

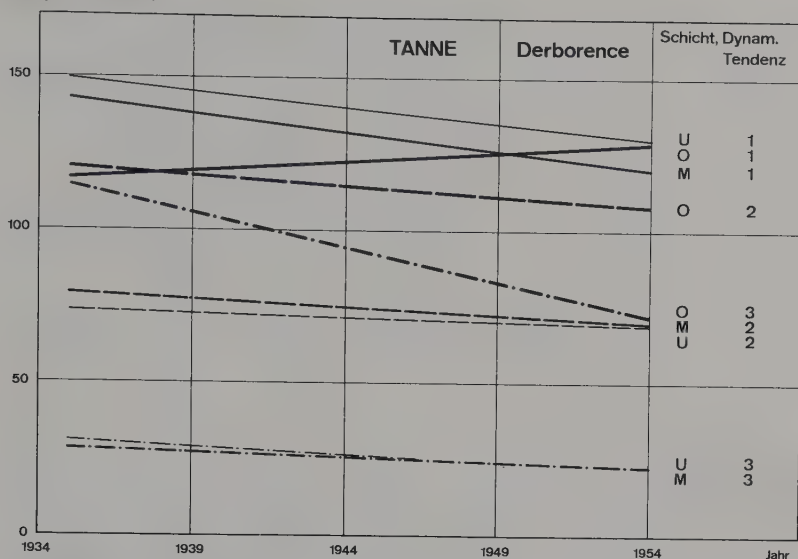


Darstellung 36: Jahrringbreite von Tannen verschiedener Vitalität der einzelnen Bestandesschichten.

Mittlere Jahrringbreiten in 1/100 mm in den Abteilungen 1-4, 7 und 8 (Probeflächen inbegriffen) nach Vitalitätsklassen

Baumklasse		Tanne	Fichte
Oberschicht	110	154	158
	120	108	136
	130	85	97
Mittelschicht	210	154	83
	220	90	—
	230	83	73
Unterschicht	310	131	—
	320	88	138
	330	34	54

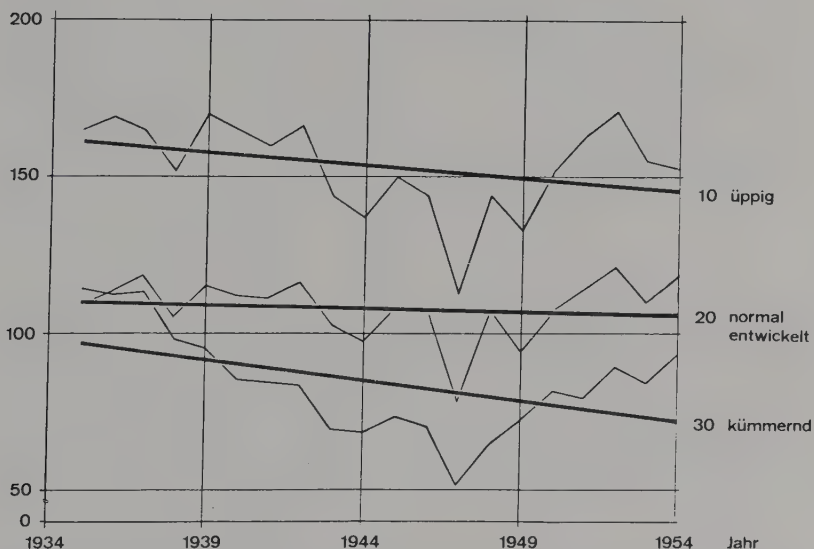
Jahringbreite (1/100mm)



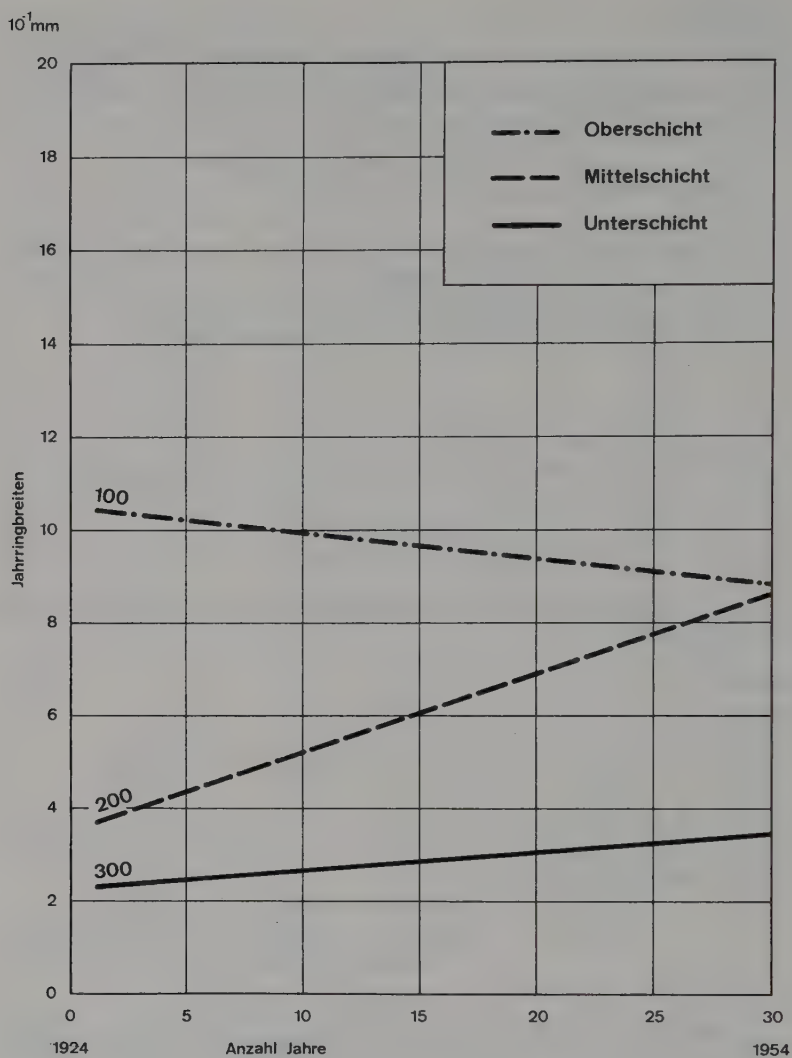
Darstellung 37: Urwald Derborence. Jahringbreiten von Tannen verschiedener Vitalität der Oberschicht.

Jahringbreite
(1/100 mm)

Vitalität



Darstellung 38: Urwald Derborence. Jahringbreiten von Tannen verschiedener Entwicklungstendenz der einzelnen Bestandesschichten.



Darstellung 39: Urwald Derborence. Mittlere Jahringbreite der Fichte in verschiedenen Bestandesschichten.

*Mittlere Jahrringbreiten in $\frac{1}{100}$ mm in den Abteilungen 1–4, 7 und 8
(Probeflächen inbegriffen) nach Entwicklungstendenz*

Baumklasse		Tanne	Fichte
Oberschicht	101	122	153
	102	115	132
	103	94	102
Mittelschicht	201	132	178
	202	74	92
	203	26	83
Unterschicht	301	140	154
	302	72	85
	303	27	51

Es ist auffallend, dass die mittleren Jahrringbreiten bei der Fichte in allen Baumklassen zumeist eher etwas grösser sind als bei der Tanne, was wiederum darauf zurückzuführen sein dürfte, dass die Fichten der Mittel- und Unterschicht grossenteils Bestandeslücken besetzen. In der Oberschicht sind die Kronen der Fichten im allgemeinen besser entwickelt als bei den zumeist sehr dicht stehenden Tannen.

Die mittleren Jahrringbreiten zeigen in den letzten 20 Jahren im allgemeinen eine abnehmende Tendenz mit Ausnahme der vitalen Tannen der Unterschicht und der vorwachsenden, vitalen Tannen der Oberschicht. Ziemlich gleichbleibende Jahrringbreiten weisen während der letzten 20 Jahre die Tannen mittlerer Vitalität der Oberschicht, hoher Vitalität der Mittelschicht und geringer Vitalität der Unterschicht auf. Bei den Fichten ist zumeist allgemein eine schwach abnehmende Tendenz der Jahrringbreiten festzustellen.

Von den schwach vertretenen Lärchen, Föhren und Bergföhren wurden lediglich zur Orientierung einige Bohrspäne entnommen. Diese lassen auf eine verhältnismässig grosse Zuwachsleistung der Lärchen schliessen, indem vitale Bäume der Oberschicht durchschnittliche Jahrringbreiten von 1,5 mm aufweisen, solche der Mittelschicht sogar von 2 mm. Bei der vitalen Waldföhre der Oberschicht betragen dagegen die mittleren Jahrringbreiten bloss 1,1 mm, bei den Bergföhren der Mittelschicht 1,5 mm.

Der Massenzuwachs

Der stark wechselnde Aufbau der einzelnen Abteilungen hätte für eine einigermaßen zuverlässige Zuwachsberechnung die Entnahme einer sehr grossen Anzahl von Bohrspänen verlangt, wobei der Aus-sagewert trotzdem bescheiden geblieben wäre. Deshalb beschränkten wir uns auf Zuwachsuntersuchungen der einzelnen Probeflächen. Die Berechnungen erfolgten für die letzten 10 Jahre vor unserer Bestan-desaufnahme, also die Periode 1945 bis 1954. Die wenigen Laubbäu-me wurden dabei nicht berücksichtigt, da ihr Vorrat mit Ausnahme der Probefläche 5 weniger als 2 m³ pro ha beträgt.

Durchschnittlicher Derbholzzuwachs in der Periode 1945–1954

Bestandesschicht	Baumart	Probefläche			
		2 m ³	3 m ³	4 m ³	5 m ³
Oberschicht	Tanne	3,2	8,5	2,5	—
	Fichte	3,2	0,8	3,4	0,6
	Lärche	—	—	—	0,4
	Bergföhre	—	—	—	0,1
	Total Oberschicht	6,4	9,3	5,9	1,1
Mittelschicht	Tanne	0,3	0,8	0,8	—
	Fichte	0,5	1,5	0,5	0,6
	Lärche	—	—	0,1	0,1
	Bergföhre	—	—	—	—
	Total Mittelschicht	0,8	2,3	1,4	0,7
Unterschicht	Tanne	0,1	0,1	0,2	—
	Fichte	0,1	0,4	0,2	0,2
	Lärche	—	—	—	—
	Bergföhre	—	—	—	—
	Total Unterschicht	0,2	0,5	0,4	0,2
Total	Tanne	3,6	9,4	3,5	—
	Fichte	3,8	2,7	4,1	1,4
	Lärche	—	—	0,1	0,5
	Bergföhre	—	—	—	0,1
	Gesamttotal	7,4	12,1	7,7	2,0

Den weitaus grössten periodischen Durchschnittszuwachs hat der nahezu reine, vorratsreiche Tannenbestand der späten Optimalphase (Probefläche 3) geleistet, wobei 77 Prozent des Zuwachses auf die Oberschicht und gesamthaft 78 Prozent auf die Tanne entfallen. Die

beiden plenterwaldähnlichen Probeflächen 2 und 4 leisten mit $7,4 \text{ m}^3$ bzw. $7,7 \text{ m}^3$ praktisch den gleichen Zuwachs. 86 Prozent bzw. 77 Prozent entfallen trotz der plenterwaldähnlichen Struktur auf die Oberschicht. Bemerkenswert ist, dass die wesentlich weniger vorratsreiche Probefläche 4 in der Oberschicht einen etwas geringeren, in der Mittel- und Unterschicht und gesamthaft etwas grösseren Zuwachs leistet als die sehr vorratsreiche Probefläche 2. Der vorratsarme Übergangswald der Probefläche 5 weist zwar das grösste Zuwachsprozent (1,97), jedoch mit nur $2,0 \text{ m}^3$ pro ha einen sehr bescheidenen, absoluten Zuwachs auf. In der Probefläche 3 beträgt das Zuwachsprozent 0,91, in der Probefläche 2 0,81 und in der Probefläche 4 1,09. Die geringen Zuwachsprozente in den Probeflächen 2, 3 und 4 beruhen auf den sehr hohen Anteilen alter und zuwachsschwacher Bäume der Oberschicht. Ein Vergleich der Zuwachsprozente mit den Schätzungen der Vitalität und der Entwicklungstendenz zeigt deutliche Zusammenhänge und bestätigt erneut die Brauchbarkeit solcher gutachtlicher Beurteilungen. Bei der Tanne ist ihre Übereinstimmung mit den Zuwachsleistungen noch deutlicher als bei der Fichte.

Unter Berücksichtigung der Höhenlage der Probeflächen erscheinen die Zuwachsleistungen beachtenswert hoch. Der stehende tote Holzvorrat entspricht in der Probefläche 2 einem Zuwachs von 8 Jahren, in der Probefläche 3 von 14 Jahren und in der Probefläche 4 von 12 Jahren. Daraus kann immerhin nicht darauf geschlossen werden, wie lange die Stämme abgestorbener Bäume durchschnittlich stehen bleiben, denn in allen Probeflächen, vielleicht mit Ausnahme der Probefläche 3, dürfte der Abgang noch wesentlich unter dem Zuwachs liegen.

2.6 Untersuchungen über Einzelfragen

Ausser den Strukturanalysen ganzer Urwaldbestände interessierten uns die folgenden Einzelfragen:

- Altersaufbau von Buchendickungen
- Verlauf des Höhen- und Durchmesserwachstums von Buchen
- Durchmesser- und Altersverteilung von Buchenbeständen
- Schlankheitsgrade von Urwaldbäumen

Ihre Abklärung schien uns weitere wertvolle Aufschlüsse über die Verjüngungs- und Wachstumsvorgänge im Urwald zu geben. Möglichkeiten dazu boten sich uns namentlich in den Urwäldern von Peručica in Bosnien, Peć und Kukavica in Serbien.

2.61 Altersanalyse einer Buchendickung im Urwald Peručica

Im Urwald Peručica wurden in einer geschlossenen, unterständigen Buchendickung der Probefläche 4 mit ziemlich ausgeglichener Höhe von 4 bis 5 m auf einer Fläche von 2 Aren von 53 zufällig ausgewählten Heistern und schwachen Stangen bodeneben Stammscheiben entnommen. Bei diesen wurde der Durchmesser und das Alter bestimmt. Es ergab sich dabei das Folgende:

Die *Durchmesser* bewegten sich in einem Bereich von 1,9 bis 8,4 cm, und der mittlere Durchmesser betrug 3,5 cm. Als geringstes *Alter* wurden 15 Jahre bestimmt, als höchstes 73 Jahre und als mittleres 37 Jahre. Auf die Durchmesserstufen verteilen sich die entnommenen Stammscheiben wie folgt:

Anzahl und Alter der Jungbuchen verschiedener Durchmesserstufen

Durchmesser cm	Anzahl	Alter minimal	Jahre maximal	Durchschnitt
1,5–2,5	11	15	36	26
2,6–3,5	21	26	50	35
3,6–4,5	14	31	60	42
4,6–5,5	3	32	50	39
5,6–6,5	1	42		(42)
6,6–7,5	1	62		(62)
7,6–8,5	2	40	73	57

Die Jahrringbreiten der Buchen betragen bloss 0,4 bis 0,7 mm, was aber eine spätere normale Entwicklung in keiner Weise ausschliesst. Bemerkenswert ist, dass sich die Ansamung der Buchen schon auf dieser kleinen Fläche über ausserordentlich lange Zeiträume erstreckt, im vorliegenden Fall auf 58 Jahre. Bei der Fichte dürften die Verhältnisse ähnlich sein, und bei der Tanne ist sogar mit noch grösseren Altersunterschieden auf kleinen Flächen zu rechnen. Dies erklärt auch die ausgeprägte Ungleichaltrigkeit und den sehr ungleichen individuellen Wachstumsverlauf der Bäume selbst gleichförmiger Urwaldbestände. Im Vergleich mit dem Plenter- und Femelschlagwald können somit die Verjüngungszeiträume im Urwald erheblich länger sein, und es unterliegt keinem Zweifel, dass im Wirtschaftswald die Entwicklungsfähigkeit «verbütteter» Jungwüchse und Dikungen oft unterschätzt wird.

2.62 Höhen- und Durchmesserwachstum von Buchen im Urwald Peć

Zwei Buchen aus dem Urwald Peć wurden nach der Fällung in kurze Abschnitte zerlegt und in bezug auf das Alter, das Höhen- und Durchmesserwachstum analysiert. Der Bestand stockt auf 800 bis 1000 m ü. M. in der Nähe der albanischen Grenze am Gebirge Decanskojunicke planine. Aus den Messergebnissen geht das folgende hervor: Während in gleichaltrigen Wirtschaftswäldern das Höhenwachstum der Buche je nach Bonität im Alter 20 bis 30 Jahre kulminiert, erfolgt das stärkste Höhenwachstum bei den beiden Urwaldbuchen wesentlich später, bei der Buche I im Alter von 75 bis 90 Jahren, bei der Buche II von 65 bis 105 Jahren. Beide Buchen waren in der Jugend offensichtlich während langer Zeit unterdrückt. Bei der Buche I ist zudem eine erneute, starke Steigerung des Höhenwachstums im Alter von über 180 Jahren auffallend. Beide Buchen zeigen bis ins hohe Alter von 200 Jahren immer noch ein gleichmässig anhaltendes Stärkewachstum. Der Vergleich mit dem den Ertragstafeln zugrunde gelegten ungehemmten Wachstumsablauf lässt erkennen, dass die Urwaldbuchen nicht den gleichen, einfachen Wachstumsgesetzen folgen. Mehrmalige Milieuänderungen haben offenbar bei den untersuchten Urwaldbuchen auch wiederholt Änderungen des Wachstumsverlaufes bewirkt. Die bedingte Gültigkeit des für Bäume des Wirtschaftswaldes aufgestellten *Backmann'schen* Gesetzes ist offenkundig, worauf

übrigens bereits *Schletter* und namentlich *Assmann* (1961) hingewiesen haben. Die Prägung des Wachstumsverlaufes durch wechselnde Umweltbedingungen ist bei der Buche, Fichte und Tanne im Urwald immer wieder beeindruckend und zeigt, dass bei diesen Baumarten für die Wahl der Verjüngungszeiträume, die allmähliche Freistellung der Zukunftsbäume und die Nutzungsalter bei geeigneten Bestandesformen ein viel grösserer Spielraum bestehen würde als gewöhnlich angenommen wird.

Bemerkenswert ist ferner bei den beiden untersuchten Buchen nicht nur der bis ins Alter von 200 Jahren anhaltende oder sogar gesteigerte Durchmesserzuwachs, sondern auch der Höhenwachstumsverlauf. Während sich in gleichaltrigen Buchenbeständen auf guten Standorten die Höhenwachstumskurve vom etwa 120. Altersjahr an stark abflacht, weist die Urwaldbuche II im Alter von 120 bis 210 Jahren ein nahezu konstantes Höhenwachstum auf. Bei der Buche I ist sogar vom 180. Altersjahr an eine Steigerung und ein ebenso grosses Höhenwachstum festzustellen wie bei den Wachstumskulminationen im Alter zwischen 75 und 105 Jahren.

2.63 Durchmesservertelung von Buchenbeständen im Urwald Kukavica

Im Urwald Kukavica wurden in reinen, gleichförmigen alten Buchenbeständen der Abteilungen 2, 3, 55 und 62 Probeflächen untersucht.

Die Probefläche in der Abteilung 2 liegt zur Hauptsache an einem Nordhang auf 1000 m ü. M. Ein kleiner Teil der Probefläche reicht in die Abteilung 62 hinein und ist nach Süden exponiert. Die Probefläche in der Abteilung 3 liegt in der gleichen Meereshöhe an einem Nordwesthang, diejenige der Abteilung 55 in 1100 m ü. M. an einem Südhang. Die Grösse der Probeflächen beträgt 1,6 ha in der Abteilung 2 und je 1 ha in den beiden anderen Abteilungen. In diesen Probeflächen wurde bei sämtlichen Buchen der Bruthöhendurchmesser ab 1 cm Durchmesser bestimmt. Die Zusammenfassung nach 4 cm Durchmesserstufen (1,0 bis 3,9 cm usw.) ergab folgende Baumzahlen pro Hektar:

Anzahl der lebenden Buchen pro ha

Stärkestufe cm	Probefläche Abteilung 2 (und 62)	Probefläche Abteilung 3	Probefläche Abteilung 55	Mittel aller Probeflächen
1– 3,9	81	179	107	122
4– 7,9	108	193	126	142
8– 11,9	81	69	110	87
12– 15,9	40	38	71	50
1– 15,9	310	479	414	401
16– 19,9	28	31	54	38
20– 23,9	20	22	45	29
16– 23,9	48	53	99	67
24– 27,9	16	20	54	30
28– 31,9	13	22	43	26
32– 35,9	9	22	46	26
24– 35,9	38	64	143	82
36– 39,9	11	17	18	15
40– 43,9	10	18	22	17
44– 47,9	9	15	25	16
48– 51,9	11	13	13	12
36– 51,9	41	63	78	60
52– 55,9	14	16	14	15
56– 59,9	12	10	6	9
60– 63,9	10	5	4	6
64– 67,9	9	6	4	6
68– 71,9	8	4	3	5
52– 71,9	53	41	31	41
72– 75,9	6	6	2	4
76– 79,9	2	4	–	2
80– 83,9	6	4	–	3
84– 87,9	2	6	1	3
88– 91,9	1	4	1	2
92– 95,9	2	4	–	2
72– 95,9	19	28	4	16
96– 99,9	2	1	–	1
100–103,9	2	–	–	1
104–107,9	1	1	–	1
96–107,9	5	2	–	3
1–107,9	514	730	769	670

Um so mehr, als es sich um alte, ziemlich einschichtige Buchenwaldbestände mit einer Oberhöhe von etwa 35 m handelt, ist die breite Verteilung der Durchmesser auffallend. Während ein 120jähriger Ertragstafelbestand nur etwa 13 4-cm-Stufen umfasst, sind es in den untersuchten Urwaldbeständen 23 bis 26 Durchmesserstufen. Bei der Zusammenfassung der drei Bestände ergibt die halblogarithmische Darstellung der Stammzahlverteilung annähernd eine Gerade wie in einem gut aufgebauten Plenterwald. Die einzelnen Flächen zeigen immerhin wesentliche Unterschiede in der Durchmesserverteilung ihrer Bestände. So weist die Probefläche 2 verhältnismässig geringe Baumzahlen in den Durchmesserstufen 20–44 cm auf, dagegen viele Stämme im Durchmesserbereich 48–80 cm. In der Probefläche 3 sind besonders die grossen Baumzahlen im Bereich 76–92 cm auffallend, und in der Probefläche 55 sind die Durchmesserstufen bis 52 cm schwach, dagegen diejenigen über 60 cm stark vertreten.

Wie die drei Probeflächen mit insgesamt nur 3,6 ha zeigen, können sich im Buchenwald örtliche Unterschiede schon auf verhältnismässig kleiner Fläche ausgleichen, so dass ein «Gleichgewichtszustand» entsteht.

Verglichen mit «nur» 120jährigen Ertragstafelbeständen gleicher Bonität sind die Baumzahlen in unseren Probeflächen mit zum Teil mehr als doppelt so alten Buchen rund 40 Prozent grösser.

Der *Derbholzvorrat* ist dagegen im Mittel der drei Probeflächen nur um etwa 15 Prozent höher als die Ertragstafeln für den verbleibenden 120jährigen Buchenbestand angeben. Der Derbholzvorrat der lebenden Bäume mit mehr als 10 cm Bruthöhendurchmesser wurde für die Probefläche 2 mit 681 m³ pro ha bestimmt, für die Probefläche 3 mit 632 m³ und für die Probefläche 55 mit 530 m³. Die Masse der toten Bäume beträgt in der Probefläche 2 fünf Prozent der Gesamtmasse, in der Probefläche 3 vier Prozent und in der Probefläche 55 drei Prozent. Diese für Buchen-Urwaldbestände kennzeichnende geringe Anzahl toter Bäume beruht vor allem darauf, dass abgestorbene Bäume sehr rasch morsch werden und umfallen.

2.64 Die Schlankheitsgrade von Urwaldbäumen

Als Schlankheitsgrad bezeichnen wir das Verhältnis von Baumhöhe zum Bruthöhendurchmesser. Dieses Verhältnis wurde näher untersucht für Fichte, Tanne und Buche im Kubany-Urwald und für Buche im Urwald von Kukavica. Es ergaben sich dabei im allgemeinen Werte und Gesetzmässigkeiten, wie wir sie bereits früher für Plenterwälder beschrieben haben.⁶

Zwischen den einzelnen Probeflächen zeigen sich jedoch namentlich bei den Buchen mit geringem Durchmesser erhebliche Unterschiede. So beträgt der Schlankheitsgrad der Buchen mit dem Bruthöhendurchmesser 10 cm in der Abteilung 2 des Urwaldes Kubany 62, in der Abteilung 4 dagegen 122. Diese grossen Unterschiede beruhen einerseits auf der örtlich ungleich starken Überschirmung, anderseits aber auch auf der sehr ungleichen Bestandesdichte. Bei der Fichte sind die Unterschiede wesentlich geringer, indem bei Bruthöhendurchmesser 10 cm der höchste Schlankheitsgrad 86 beträgt (Abteilung 3), der kleinste 67 (Abteilung 1). Die verhältnismässig geringe Streuung dürfte bei der Fichte vor allem darauf zurückzuführen sein, dass sie sich nur an gut belichteten Stellen verjüngt und zumeist nicht in dichtem Schluss steht. Für die Tanne konnten wegen der zu kleinen Baumzahl nur die Mittelwerte für alle Abteilungen berechnet werden. Sie sind bei den Bäumen mit einem Bruthöhendurchmesser unter 30 cm wesentlich grösser als bei der Fichte und Buche, was hauptsächlich auf dem gewöhnlich dichten Schluss der Tannentrupps und -gruppen beruhen dürfte.

Wie sich bei den erwähnten Untersuchungen in Plenterwäldern zeigte, beruhen die grossen Streuungen bei den Bäumen mit geringem Durchmesser der drei Baumarten hauptsächlich auf Unterschieden in der örtlichen Bestandesstruktur, der soziologischen Stellung der Bäume und dem ungleichen Grad der Überschirmung. Schon bei Bruthöhendurchmessern von etwa 20 cm an werden die Unterschiede zwischen den einzelnen Bäumen der gleichen Durchmesserstufe verhältnismässig gering.

⁶ *Leibundgut, H.*: Waldbauliche Untersuchungen über den Aufbau von Plenterwäldern. Mitt. EAFV. Bd., 1945.

Während bei den schwachen Durchmessern die Buchen und Tannen wesentlich höhere Schlankheitsgrade aufweisen als die Fichte, ändert sich das Verhältnis etwa beim Durchmesser 50 cm, indem die starken Fichten von allen drei Baumarten die höchsten Schlankheitsgrade aufweisen, wie die folgende Zusammenstellung zeigt.

Schlankheitsgrad $H = D_{1,3}$ (Mittelwerte)

Durchmesser cm	Urwald Kukavica	Urwald Kubany		Tanne
	Buche	Buche	Fichte	
10	114	90	75	134
20	81	87	78	89
30	76	78	75	80
40	63	70	69	66
50	57	62	64	58
60	47	56	59	53
70	40	51	55	49
80	38	46	51	46
90	31	42	47	43
100	28	39	44	41

Während bei der Buche und Tanne der Schlankheitsgrad mit zunehmendem Brusthöhendurchmesser ziemlich regelmässig abnimmt, zeigt die Fichte die höchsten Werte etwa bei einem Brusthöhendurchmesser von 20 cm. Diese Feststellung deckt sich mit den Ergebnissen unserer Plenterwalduntersuchungen, wo wir auf Standorten mittlerer Bonität bei den Fichten der Mittelschicht die höchsten Schlankheitsgrade bei Brusthöhendurchmessern von etwa 22 cm ermittelt haben.

Die Erklärung für das ungleiche Verhalten von Fichte und den Schattenbaumarten Buche und Tanne dürfte im weitem vor allem damit zu erklären sein, dass bei der lichtbedürftigeren Fichte das Höhenwachstum durch die Beschattung wesentlich stärker als das Durchmesserwachstum gehemmt wird. Sobald sie aber die Möglichkeit zum Aufsteigen in die Oberschicht erhält, steigert sich ihr Höhenwachstum stärker als das Stärkenwachstum. Dies zeigt sich auch deutlich im Verlauf der Baumhöhenkurven.

Verglichen mit den Verhältnissen in Wirtschaftswäldern, sowohl dem Schlagwald wie dem Plenterwald, sind im Urwald die grossen Streu-

ungen der Schlankheitsgrade von Bäumen gleichen Durchmessers auffallend. Dies ist vor allem damit zu erklären, dass die Wachstumsbedingungen und der Wachstumsverlauf der Urwaldbäume örtlich überaus verschieden sind. Dadurch wird auch die Bonitierung sehr erschwert. Dem gleichen Alter entsprechen je nach den örtlichen Verhältnissen sehr verschiedene Baumhöhen. Am zuverlässigsten erfolgt daher die Bonitierung nach den Höhen der grössten Bäume.

3 Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse und Folgerungen für den Waldbau

3.1 Die Untersuchungsergebnisse

Der Flächenanteil der Entwicklungsphasen

In allen untersuchten Tannen-Buchen-Urwäldern sind auf grösseren oder kleineren Flächen deutlich verschiedene Entwicklungsphasen zu unterscheiden, die wir als Jungwaldphase, Optimalphase, Altersphase, Zerfallsphase und Verjüngungsphase bezeichnet haben. Ausserdem ist ausnahmsweise dauernd oder allgemein bei einer sehr langsamen Auflösung der Bestände und zeitlich stark gestaffelten Verjüngung eine Plenterwaldphase festzustellen. Je einheitlicher die Standortverhältnisse sind, um so grössere Flächen nehmen in der Regel die einzelnen Entwicklungsphasen ein. Daneben spielt für deren Ausdehnung auch der Anteil der verschiedenen Baumarten eine wesentliche Rolle.

In überalten Beständen mit einem grossen Buchenanteil (Urwälder Pečka und Kukavica) erfolgt der Zusammenbruch und damit auch die Verjüngung zumeist nur kleinflächig. Die Fläche wird in solchen Wäldern hauptsächlich von zwar stark ungleichaltrigen, jedoch gleichförmigen, vorratsreichen, ziemlich einschichtigen Beständen der späten Optimal- und vor allem der Altersphase eingenommen. Dies zeigt sich deutlich in den Durchmesser-Verteilungskurven (z. B. Abteilungen 2 und 3 des Urwaldes Kukavica). Im Vergleich zum Stangenholz (Brusthöhendurchmesser 10 bis 20 cm) und dem schwachen Baumholz (20 bis 35 cm) sind das mittlere und starke Baumholz (35 bis 50 cm, bzw. über 50 cm) sehr stark vertreten.

Kleinflächig sind die Entwicklungsphasen auch bei örtlich stark wechselnder Geländebeschaffenheit, wie im Gebirgsurwald von Derborence, ausgebildet.

In den hauptsächlich aus Tannen und beigemischten Fichten bestehenden Urwäldern Peručica und Dobroč nehmen die einzelnen Entwicklungsphasen dagegen gewöhnlich Flächen bis zu mehreren Hektaren ein.

Dementsprechend entstehen je nach Baumartenmischung und Standortverhältnissen ganz verschiedene Aufbauformen der Urwälder: Plenterwaldartige Bestände vor allem auf Blockhalden oder sonstwie stark uneinheitlichen Standorten, auf welchen die Verjüngung vorwiegend truppweise und zeitlich stark gestaffelt erfolgt, hallenförmige Optimal- und Altersphasen bei einem grossen Buchenanteil, und je nach der Entwicklungsphase verschiedene Aufbauformen auf einheitlichen, guten Standorten mit einem grossen Anteil der Tanne und Fichte. Solche Verhältnisse weisen namentlich die Urwälder von Peručica und Dobroč auf. In diesen betragen die

Flächenanteile der einzelnen Entwicklungsphasen:

Plenterwaldphase	10 bis 20 Prozent
Optimalphase	10 bis 15 Prozent
Altersphase	25 bis 40 Prozent
Zerfallsphase	20 bis 25 Prozent
Verjüngungsphase und Jungwald	10 bis 15 Prozent

Gesamthaft dürften diese Flächenanteile allgemein einem «Gleichgewichtszustand» grösserer Komplexe des Tannen-Buchen-Urwaldes entsprechen.

Die Baumzahlen

Wenn wir von Katastrophenflächen absehen, fällt in den meisten untersuchten Urwäldern vorerst die relativ geringe Individuenzahl in der Jungwuchs-, Dickungs- und schwachen Stangenholzstufe (Durchmesser unter 10 cm) auf. Während in Wirtschaftswäldern beispielsweise 1 m hohe Buchendickungen pro Hektar bis 100 000 und mehr Individuen aufweisen, beträgt im Urwald deren auf 1 ha Dickung umgerechnete Anzahl gewöhnlich kaum 2000. Die Ausscheidung in der Jungwuchs- und Dickungsstufe ist bei diesem lockeren Stand gering, so dass bei der langen Lebensdauer der dominierenden Bäume eine geringe Individuenzahl der Jungwüchse und Dickungen ausreicht, um Ausfälle in der Oberschicht zu ersetzen. Von der Buche und namentlich der Tanne, aber auch der Fichte, wurden erstaunlich lange Unterdrückungszeiträume ertragen. Dies zeigt sich darin, dass unterdrückte, scheinbar verbuttete Bäumchen der Unterschicht bei vermehrtem Lichtgenuss rasch in die Mittel- und Oberschicht aufsteigen.

Verglichen mit Wirtschaftswäldern verlaufen die halblogarithmisch dargestellten Stammzahlkurven deshalb verhältnismässig flach. Die der Mittelschicht entsprechenden Durchmesserstufen (etwa Durchmesser 14–30 cm) sind gewöhnlich eher schwach, die stärkeren Bäume dagegen stark vertreten, so dass sich auch für grössere Urwaldflächen in der Regel keine einem gut aufgebauten Plenterwald entsprechende Stammzahlkurve ergibt.

Die Baumzahlen der einzelnen Bestandesschichten sind nicht nur nach den Entwicklungsphasen der Bestände und der Baumartenmischung, sondern auch örtlich stark verschieden. So stellten wir in den einzelnen Probeflächen im Urwald Peručica in der Oberschicht 120 bis 208 lebende Bäume pro ha fest, in Dobroč 38 bis 843 Bäume, im Urwald Pečka 168 bis 327 Bäume und im Urwald Derborence 107 bis 232 Bäume. Die grösste Baumzahl pro ha weist im allgemeinen die Optimalphase auf, eine nur wenig geringere die Plenterwald- und die Altersphase. In der Verjüngungsphase beträgt die Baumzahl pro ha in der Oberschicht gewöhnlich weniger als 150, und in der Zerfallsphase, nicht inbegriffen von Katastrophen zerstörte Bestände, sind zumeist in der Oberschicht noch weniger Bäume vorhanden.

Grösste Unterschiede der Baumzahlen bestehen ebenfalls in der Mittel- und Unterschicht. Im Urwald Peručica enthalten diese beiden Bestandesschichten pro ha 108 bis 656 Bäume mit mehr als 8 cm Brusthöhendurchmesser, in Dobroč 138 bis 304, in Pečka 39 bis 372 und in Derborence 236 bis 415. In den hallenförmigen Buchenbeständen der Optimalphase fehlt die Mittelschicht gewöhnlich praktisch überhaupt vollständig, während sie in den vorübergehend plenterwaldartigen Beständen bis gegen 400 Bäume pro ha aufweisen kann. In der Unterschicht ist die Individuenzahl stets klein und beträgt selten mehr als 250 Bäume pro ha.

Auffallend gering ist in allen untersuchten Beständen, auch solchen mit einer starken Vertretung der Fichte in der Oberschicht, deren Anteil an der Unter- und Mittelschicht. Als Ursache dieser Erscheinung wurde bereits früher die weitgehend auf vermorschte Baumleichen und auf Bestandeslücken beschränkte Verjüngung erwähnt. Die geringe Ausscheidung der einzelnen oder in lockeren Trupps und Gruppen verjüngten Fichte und deren Fähigkeit, jahrzehntelang im Schatten auszuharren und später rasch aufzusteigen, ermöglichen jedoch

auch bei einer geringen Baumzahl in der Unter- und Mittelschicht eine verhältnismässig starke Vertretung in der Oberschicht.

Die Verteilung der Bäume auf die *Stärkeklassen* ist örtlich und je nach der Entwicklungsphase ungleich: Während plenterwaldartige Bestände ähnliche Stammzahlverteilungen wie vorratsreiche, geschonte Plenterwälder aufweisen, werden die Optimal-, Alters- und Zerfallsphase hauptsächlich von Bäumen der Stärkeklassen über 52 cm Durchmesser gebildet. Die spärliche Unter- und Mittelschicht besteht hier vorwiegend aus einzel- oder truppweise verteilten Bäumen. Nach dem Zusammenbruch ausgedehnter Bestände, hauptsächlich infolge Sturmschäden, entstehen dagegen oft dichte, gleichförmige Jungwüchse, Dickungen und Stangenhölzer.

Der Tannen-Buchen-Urwald weist somit auf seiner Gesamtfläche alle überhaupt denkbaren Strukturen und Stammzahlverteilungen auf. Grossflächige Bestandesaufnahmen ergeben zwar zumeist eine einigermassen plenterwaldähnliche Stammzahlverteilung mit den bereits früher erwähnten Abweichungen. Wirkliche Plenterwaldstrukturen bilden jedoch selbst in Beständen mit einem grossen Tannenanteil eher eine Ausnahme und stellen zumeist einen vorübergehenden Zustand dar.

Kennzeichnend für die einzelnen Entwicklungsphasen ist die *Anzahl der toten Bäume*.

Die Baumhöhen

Im Vergleich mit Wirtschaftswäldern, auch mit Plenterwäldern gleicher Bonität, sind die Höhen und die Brusthöhendurchmesser einzelner Bäume in den untersuchten Urwäldern beeindruckend. Die späte Kulmination des Höhen- und Durchmesserzuwachses hat offensichtlich eine langsame Alterung, also ein lange anhaltendes und nur langsam abfallendes Wachstum zur Folge, so dass oft bemerkenswerte Baumdimensionen erreicht werden.

Die grössten Baumhöhen haben wir in den Urwäldern Peručica, Kubany und Dobroč gemessen. Die höchste gemessene Fichte im Urwald Peručica weist eine Höhe von 63 m und einen Brusthöhen-

durchmesser von 165 cm auf, eine andere eine Höhe von 60 m und einen Durchmesser von 170 cm. Höhen über 50 m sind häufig. Im Kubany-Urwald werden von der Fichte 62 m Höhe erreicht, und selbst auf dem etwas weniger guten Standort in Dobroč massen wir eine Fichte mit 53 m Höhe und einem Durchmesser von 120 cm. Die grösste dort gemessene Tanne erreicht eine Höhe von 56 m bei einem Brusthöhendurchmesser von 180 cm. Tannen mit Höhen von 48 bis 50 m sind in diesen Urwäldern häufig, und auch die Buchen erreichen Höhen bis 47 m und Durchmesser von etwa 120 cm, vereinzelt sogar bis 150 cm.

Im Urwald Pečka, und namentlich in Derborence, sind die Dimensionen der Bäume standortbedingt etwas geringer. Aber sogar im hochgelegenen Urwald von Derborence erreichen die grössten Fichten und Tannen Höhen bis zu 44 m. Wie bereits hervorgehoben wurde, sind diese aussergewöhnlichen Wuchsleistungen von Einzelbäumen in Urwäldern nicht allein durch die Standortgüte bedingt, sondern auch durch den in der Jugend zumeist gehemmten Wachstumsverlauf und die dadurch bedingte langsame, biologische Alterung.

Die Baumartenmischung

Die Baumartenmischung wechselt auch auf einheitlichen Standorten örtlich stark, so dass Durchschnittszahlen wenig aussagen. Vor allem die Anteile der Fichte und Buche sind mit Ausnahme der buchenreichen Urwälder von Pečka, und namentlich Kukavica, sehr verschieden. In den übrigen untersuchten Urwäldern dominiert in der Oberschicht zumeist die Tanne. Auf sie entfallen gewöhnlich 50 bis 65 Prozent des Vorrates. Die wechselnden Anteile der Buche und Fichte am Holzvorrat betragen im allgemeinen nur je 15 bis 25 Prozent. Eine Ausnahme macht der hochgelegene Urwald von Derborence, wo die Buche noch schwächer vertreten ist und der Fichte und Tanne auf der gesamten Reservatsfläche annähernd gleiche Anteile am Holzvorrat zufallen. Dies dürfte neben der für die Buche zu kurzen Vegetationszeit auch auf den orographischen Verhältnissen (Blockhalde) beruhen, welche der Buche wenig zusagen und ausserdem die Entstehung einer Optimalphase mit überwiegendem Tannenanteil verhindern.

Auffallend ist zumeist der unterschiedliche Anteil der Baumarten in den verschiedenen Bestandesschichten. Der Anteil der Buche ist in

den meisten untersuchten Urwäldern in den mittleren Durchmesser-
klassen und in der Mittelschicht verhältnismässig gross, während die
Tanne in der Ober- und in der Unterschicht besonders stark vertreten
ist.

Alle Bestandesschichten weisen in der Plenterwaldphase einen ver-
hältnismässig grossen Anteil der Buche auf, während der Buchen-
anteil in der Alters- und Zerfallsphase dagegen auffallend gering
erscheint, was vor allem darauf zurückzuführen ist, dass die Buche ein
wesentlich geringeres Alter als die beiden Nadelbaumarten erreicht.
Dies beruht nicht zuletzt darauf, dass sie durch fallende Bäume in-
folge ihrer dünnen Rinde starke Stammverletzungen erleidet, welche
zu Pilzinfektionen und verhältnismässig rasch zu ihrem Absterben
führen.

Die in der Literatur für den Tannen-Buchenwald oft erwähnte Er-
scheinung eines *Baumartenwechsels* wurde bei unseren Untersuchen-
gen nicht allgemein bestätigt. Einzig im Urwald Peručica ist in Flächen
mit grossem Buchenanteil der Oberschicht ziemlich regelmässig ein
grosser Tannenanteil der Unterschicht festzustellen und ebenso bei
einer vorwiegend aus Tannen bestehenden Oberschicht eine starke
Vertretung der Buche in der Unterschicht. Der Fichtenanteil in der
Unterschicht ist hauptsächlich durch die Erfordernisse ihrer erfolg-
reichen Ansamung bedingt: geringe Konkurrenz durch die Boden-
vegetation und ausreichender Lichtgenuss. Das Vorhandensein lang-
sam vermodernder Baumleichen, also von Fichten und Tannen, spielt
für ihre Verjüngung eine wesentliche Rolle.

Deutliche Verschiebungen der *Mischverhältnisse* erfolgen, wie bereits
erwähnt, im Laufe der einzelnen Entwicklungsphasen. So geht in der
Altersphase zumeist der Fichtenanteil stark zurück, was ausser dem
im Vergleich zur Tanne geringeren erreichbaren Alter auch darauf be-
ruht, dass die hohen, alten Fichten durch Sturm stärker gefährdet sind
als Tannen, um so mehr, als sie auch häufiger von Stamm- und Wurzel-
fäulen befallen werden. Der Fichtenanteil ist gewöhnlich in der Opti-
malphase am grössten, derjenige der Tanne dagegen in der Alters-
und Zerfallsphase.

Gesamthaft ist festzustellen, dass auch die Mischungsgrade stark von
Zufälligkeiten und örtlichen Besonderheiten abhängig sind. Je nach-

dem, ob die Optimalphase aus einer Plenterwaldphase, einem grossflächig entstandenen Jungwald oder einer während langer Zeit überschirmten Unterschicht hervorgegangen ist, wechseln die Mischungsverhältnisse und ändert sich der Lebensablauf der Einzelbäume und damit ganzer Bestände.

Die Vitalitätsverhältnisse

Die gutachtliche Beurteilung der Vitalität und Entwicklungstendenz führten zu weitgehend übereinstimmenden Ergebnissen. Es ergaben sich statistisch gesicherte Zusammenhänge mit den Jahrringbreiten und damit auch mit dem Kreisflächen- und Massenzuwachs. Deutliche Vitalitätsunterschiede sind sowohl zwischen den einzelnen Baumarten als auch zwischen den Entwicklungsphasen festzustellen. Die grössten individuellen Vitalitätsunterschiede zeigten sich bei den Bäumen der Oberschicht in der Altersphase. In der Plenterwaldphase sind die Tannen aller Bestandesschichten vitaler als die Fichten und Buchen, während in der Optimalphase geringere Unterschiede zwischen den Baumarten bestehen. Die grösste durchschnittliche Vitalität weisen bei allen Baumarten in der Regel die Bäume der Mittelschicht auf. Dies erklärt sich damit, dass die Mittelschicht zum grossen Teil aus Bäumen mit der Möglichkeit zum Aufsteigen in die Oberschicht besteht, während sich die Unterschicht hauptsächlich aus in der Entwicklung stark gehemmter Bäume zusammensetzt, die Oberschicht aus alten und zum Teil lebensschwachen Individuen. Die Vitalitätsansprachen erwiesen sich als sehr gut brauchbares Mittel zur Unterscheidung der einzelnen Entwicklungsphasen, vor allem aber der Optimal- und Altersphase. Diese ist bei den Bäumen der Oberschicht durch eine deutliche und statistisch gesicherte Vitalitätsabnahme gekennzeichnet. Besonders deutlich zeigt sich dies bei der Buche.

Die Kreisflächen

Verglichen mit Wirtschaftswäldern weisen die untersuchten Urwälder sowohl im Durchschnitt grosser Flächen, als auch namentlich in der Optimal- und Altersphase ausserordentlich grosse Kreisflächen auf. Immerhin bestehen zwischen einzelnen Probeflächen und verschiedenen Urwäldern erhebliche Unterschiede. So wurden beispielsweise im Urwald Peručica Kreisflächen pro ha von 65 bis 80 m² bestimmt, in Dobroč von 20 bis 57 m² und in Pečka von 38 bis 78 m². Im kleinflächig

strukturierten Urwald von Derborence ergaben sich in der Plenterwaldphase Kreisflächen von 62 bis 71 m² pro ha, in der Altersphase sogar von 89 m² pro ha.

Ebenso sind Unterschiede der Kreisflächen zwischen den einzelnen Entwicklungsphasen beträchtlich, wie folgende Beispiele zeigen.

Kreisfläche pro ha der lebenden Bäume

Entwicklungsphase	Urwald Peručica m ²	Urwald Dobroč m ²
Plenterwaldphase	56	47
Optimalphase	74	55
Altersphase	80	56
Verjüngungsphase	43	38
Zerfallsphase	43–61	20

In allen Entwicklungsphasen entfällt der grösste Teil der Kreisfläche der lebenden Bäume auf die Oberschicht. In der Optimal- und Altersphase sind es zumeist über 90 Prozent, und selbst in der Plenterwaldphase über 80 Prozent. Die Mittel- und Unterschicht enthalten somit in der Regel nicht über 10 bis 20 Prozent der gesamten Kreisfläche.

Der Holzvorrat

Den grossen Kreisflächen entsprechen auch beträchtliche Holzvorräte. So beträgt die lebende Holzmasse im Reservat Peručica auf 1074 ha durchschnittlich 714 m³ pro ha, in der Abteilung 56 mit einer Fläche von 115 ha sogar 886 m³. Die Plenterwaldphase weist Hektarvorräte von 700 bis 1000 m³ auf, und in der Optimal- und Altersphase können sie sogar bis 1400 m³ betragen.

Der grösste, gemessene Derbholzvorrat von lebendem und totem Material wies eine Probefläche der Optimalphase im Urwald Peručica mit 1527 m³ pro ha auf.

Wie bei der Kreisfläche entfallen zumeist über 90 Prozent des lebenden Holzvorrates auf die Oberschicht. In Buchenbeständen der Optimal- und Altersphase kann dieser Anteil bis 97 Prozent betragen (Pečka).

Die *Vorratsverteilung nach Stärkeklassen* ist je nach der Entwicklungsphase verschieden, wie die nach Phasen unterteilte Probefläche 1 des Urwaldes von Peručica zeigt:

Prozentuale Verteilung des lebenden Holzvorrates in der Probefläche 1 des Urwaldes von Peručica

Stärkeklasse cm	Plenterwaldphase %	Optimalphase %	Altersphase %
8-16	0,8	0,1	0,3
16-24	4,1	1,0	0,6
24-36	14,0	2,1	0,8
36-52	40,5	5,4	4,5
52 und mehr	40,6	91,4	93,8

In allen Entwicklungsphasen, auch der Plenterwaldphase, nimmt somit das schwache Material nur einen sehr geringen Teil des Holzvorrates ein. Darin zeigt sich ein wesentlicher Unterschied des Urwaldes gegenüber dem Wirtschaftswald. Um so mehr ist man immer wieder erstaunt, dass alte Urwaldbestände, trotz ihrer Entstehung aus wenig dichtem Jungwald, oft einen hohen Anteil qualitativ hochwertiger Bäume aufweisen.

Die Anzahl und Masse der toten Bäume

Die Anzahl und Masse der stehenden toten Bäume ist nur sehr beschränkt Ausdruck der allgemeinen Vitalitätsverhältnisse der Bestände, denn einerseits handelt es sich um eine Auswirkung des Wettbewerbes, andererseits um eine Erscheinung der natürlichen, altersbedingten individuellen Ausscheidung. Je nach der Dichte und Struktur der Bestände sind Anzahl und Masse der toten Bäume verschieden. In der Plenterwaldphase entfällt ein grosser Anteil der toten Bäume auf die schwachen Durchmesserstufen. So sind im Urwald von Peručica in der Plenterwaldphase 11 bis 15 Prozent der Bäume mit einem Durchmesser von 8 bis 16 cm dürr. In der Optimalphase verschiebt sich die Ausscheidung auf die mittleren Durchmesser, und in der Alters- und vor allem in der Zerfallsphase scheiden vorwiegend starke Bäume aus, namentlich Buchen. Dies hängt offensichtlich stark mit dem erreichbaren Alter zusammen: Während wir bei Tannen Alter von 450 und mehr Jahren bestimmt haben, sind Fichten selten über 350jährig

und starke Buchen sogar zumeist nicht über 250jährig. Schon deshalb ist die Masse der toten Bäume je nach der Baumartenmischung und Struktur der Bestände sehr ungleich. Sie schwankt beispielsweise im Urwald von Peručica zwischen 38 und 222 m³ pro Hektar, im Urwald Pečka sogar zwischen 0 und 422 m³ pro Hektar.

Im allgemeinen nimmt aber die Masse der toten Bäume von der Plenterwaldphase über die Optimal- und Altersphase bis zur Zerfallsphase kontinuierlich zu. Sie beträgt in der Plenterwaldphase zumeist etwa 10 bis 15 Prozent des Gesamtvorrates und 3 bis 12 Prozent der Baumzahl. In der Optimalphase erreicht die stehende Dürholzmasse bereits 15 bis 20 Prozent des Gesamtvorrates oder 7 bis 17 Prozent der Baumzahl, und in der Alters- und Zerfallsphase steigt sie auf über 25 Prozent der gesamten Holzmasse an. Im Urwald Pečka stehen in der Plenterwaldphase im Mittel 134 m³ Dürholz pro ha, in der Optimalphase 171 m³ und in der Alters- und Zerfallsphase sogar 348 m³. Eine Ausnahme macht wiederum der Gebirgswald von Derborence, wo die Masse der toten Bäume in der Plenterwaldphase nur 62 m³ pro ha oder 7 Prozent des Vorrates ausmacht. In der Optimalphase erreicht sie 171 m³ oder 11 Prozent des Vorrates. Diese im Vergleich zu anderen Urwäldern kleinere Dürholzmasse steht im Zusammenhang mit dem kleineren Holzvorrat und vor allem der lockeren Struktur dieses Gebirgswaldes und der dadurch bedingten Ausscheidung infolge des Wettbewerbes.

Der Mittelstamm der toten Bäume ist in den einzelnen Entwicklungsphasen erwartungsgemäss verschieden, wie das folgende Beispiel zeigt.

Mittelstamm der toten Bäume im Urwald Pečka

Plenterwaldphase	Buche 0,18 m ³	Tanne 1,9 m ³
Optimalphase	Buche 0,26 m ³	Tanne 2,5 m ³
Alters- und Zerfallsphase	Buche 1,36 m ³	Tanne 13,1 m ³

Der Zuwachs

Der aus Jahrringmessungen errechnete Holzzuwachs erlaubt in Verbindung mit den festgestellten Vorratsveränderungen in den einzelnen Entwicklungsphasen gewisse Schlüsse auf den Abgang durch absterbende Bäume. Je nach der Entwicklungsphase ist das Verhältnis von Zuwachs und Abgang verschieden:

In der Plenterwaldphase und Optimalphase erfolgt eine Vorratszunahme, in der Altersphase ein Stillstand und schliesslich in der Zerfallsphase eine mehr oder weniger rasche Abnahme des Holzvorrates bis zur vollständigen Auflösung oder zum Zusammenbruch des Bestandes. Übereinstimmend stellten wir in verschiedenen Urwäldern fest, dass die Höhe des Zuwachses ganzer Bestände bis zum Beginn der eigentlichen Zerfallsphase während langer Zeit ziemlich unverändert bleibt. So wurden für die fünf Probeflächen der Optimal- und Altersphase des Urwaldes von Peručica laufende Zuwächse von 7,7 bis 8,8 m³ pro ha berechnet, wobei diese Unterschiede innerhalb der Fehlergrenzen liegen dürften. Die Zuwachsprozente verhalten sich in einem weiten Rahmen umgekehrt wie die Vorratshöhen. Überraschend ist die Feststellung, wonach der Zuwachs in der späten Altersphase und in der beginnenden Zerfallsphase vorerst nur wenig absinkt, was darauf beruht, dass der Ausfall starker und zuwachsschwacher Bäume durch freigestellte, vitale Bäume der Mittelschicht weitgehend ausgeglichen wird. Weitaus der grösste Teil der Zuwachsleistung entfällt sonst auf die Oberschicht. Sogar in der Plenterwaldphase werden wenigstens 80 Prozent des Zuwachses von den Bäumen der Oberschicht geleistet. Dies beruht vor allem darauf, dass der Vorratsanteil der Oberschicht verhältnismässig gross und derjenige der Mittelschicht nur klein ist. Aus allen diesen Feststellungen ist zu folgern, dass sich das Verhältnis von Zuwachs zu Abgang in den einzelnen Entwicklungsphasen wie folgt verhält:

Plenterwaldphase	Zuwachs > Abgang
Optimalphase	Zuwachs > Abgang
Altersphase	Zuwachs = Abgang
Zerfallsphase	Zuwachs < Abgang

Die *Vitalitätsunterschiede* zeigen sich im Zuwachs vor allem bei den Bäumen der Oberschicht. Bei der Tanne ist dies besonders deutlich. So betragen beispielsweise im Urwald von Pečka die mittleren Jahr-

ringbreiten der letzten zehn Jahre bei vielen Tannen der Oberschicht im Mittel 3,0 mm, bei wenig vitalen dagegen nur 1,0 mm. Bei Buchen sind die Unterschiede geringer; die mittleren Jahrringbreiten der entsprechenden Baumklassen betragen 2,2 mm bzw. 1,6 mm.

Die *Zuwachsprozente* sind im allgemeinen am höchsten in der Plen-terwaldphase und gehen in der Optimal- und Altersphase leicht zurück. In der Zerfallsphase sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Probeflächen je nach der Vitalität der noch vorhandenen Bäume beträchtlich.

Gesamthaft dürfte der Zuwachs der untersuchten Urwälder unter der Ertragsfähigkeit standortgerechter Wirtschaftswälder gleicher Standortsgüte liegen, da ein grosser Flächenanteil auf Beständen der späten Altersphase mit einem sinkenden Holzzuwachs entfällt.

3.2 Waldbauliche Folgerungen

Unser waldbauliches Wissen stützt sich grossenteils auf praktische Erfahrungen und Forschungsergebnisse, welche in naturfremden und künstlichen Wirtschaftswäldern oder entsprechenden Versuchsflächen gewonnen wurden. Ein naturnaher, rationeller Waldbau ist dagegen bestrebt, auch Erkenntnisse aus der allein von der Natur gesteuerten Entwicklung der Wälder sinnvoll auszunützen. Urwalduntersuchungen bieten daher nicht bloss ein naturwissenschaftliches Interesse, sondern sind auch unmittelbar wertvoll für die Entwicklung der Waldbautechnik. Urwälder stellen gewissermassen Naturlaboratorien dar, in welchen die ungestörten, natürlichen Lebensabläufe der Einzelbäume und ganzer Waldbestände sowie die sich daraus ergebenden Vorgänge des Wettbewerbes und der Bildung kennzeichnen der Waldstrukturen untersucht werden können.

Eines der wesentlichsten Ergebnisse unserer Untersuchungen liegt in der Bestätigung der Feststellung *Rubners* (1960): «Die Natur kennt keine Einseitigkeit.» Jeder Urwaldbestand – wie übrigens auch jeder Bestand des Wirtschaftswaldes – ist etwas Einziges und Einmaliges. Je nach dem kleinflächig durch den Standort, den Mutterbestand und

Umweltwirkungen bedingten Verlauf des Verjüngungsvorganges sind die Baumartenmischungen, die Strukturen der Bestände und der Wandel wie auch die Lebensabläufe der einzelnen Bäume verschieden. «Naturgemäss» kann deshalb jeder Bestandesaufbau wie auch jeder Verjüngungsvorgang sein, was aber nicht begründen soll, die natürlichen Vorgänge in allen Teilen im Wirtschaftswald nachahmen zu dürfen.

Wo Urwaldbestände nicht durch Feuer, Sturm, Insektenschäden oder andere Ursachen grossflächig zerstört werden, erfolgt die Erneuerung zumeist auf verschiedene Weise. Einzelne Bäume des zukünftigen Bestandes gehen aus einem oft jahrzehntelang unterdrückten Unterstand hervor, andere aus in Lücken aufgekommenen, sich rasch entwickelnden gruppenförmigen Ansamungen, wieder andere aus Moderkeimen auf Baumleichen oder flächenweisen Unterwanderung eines nach Katastrophen entstandenen Vorwaldes. Dementsprechend sind auch die Wachstumsverläufe der einzelnen Bäume höchst verschieden.

Solche Feststellungen lassen uns erst recht die Vielfalt der waldbaulichen Möglichkeiten zur Einleitung und Durchführung der Verjüngung erkennen. Wirklich «naturgemäss» ist nur ein freier Stil des Waldbaues, welcher den örtlichen und kleinflächigen Sonderheiten voll Rechnung trägt. Die meisten waldbaulichen Betriebsarten stellen im Grunde eine Schematisierung und Gleichschaltung aller Vorgänge dar. Eine solche Schematisierung bringt zwar manche Vorteile: Vereinfachung der Planung und ihrer Verwirklichung, der Kontrollführung, der Waldpflege, der Holzanzeichnung usw. Sie hat aber auch erhebliche Nachteile zur Folge, namentlich den Verzicht auf die volle Ausnützung der genetisch-, umwelt- und entwicklungsbedingten, individuell verschiedenen Wachstumsverläufe der Einzelbäume. Am geringsten sind diese Nachteile beim Plenterbetrieb, soweit das Lichtbedürfnis der Baumarten diese Betriebsart nicht ausschliesst. Ohne seine vielen, wirtschaftlichen und waldbaulichen Vorteile zu verkennen, muss immerhin erwähnt werden, dass auch der Plenterwald als ausgesprochene Kunstform des Waldes zu betrachten ist, denn seine Schaffung und dauernde Erhaltung verlangen fortwährende, waldbauliche Eingriffe. Es handelt sich bei ihm aber um eine Kunstform, welche grosse waldbauliche Freiheit gewährt und daher die Ausnützung aller erwünschten, natürlichen Vorgänge erlaubt.

Gerade weil der Tannen-Buchenwald die günstigsten Voraussetzungen für die Plenterung bietet, ist hervorzuheben, dass der Tannen-Buchen-Urwald trotz der grossen Altersunterschiede kein «Plenterwald» ist. Er weist nur vorübergehend und auf einem Teil der Fläche eine Plenterwaldstruktur auf. Wo nicht extreme, klimatische oder edaphische Standortsverhältnisse die Entstehung gleichförmiger Bestände verhindern und daher dauernd plenterwaldartige Bestände bewirken, ist die Plenterwaldphase bloss ein Glied in der Reihe von Entwicklungsphasen. Aus ihr gehen ebenso gleichförmige, wenn auch ungleichaltrige Optimal- und Altersphasen hervor, wie aus grossflächigen, ziemlich gleichaltrigen Ansammlungen auf Katastrophenflächen oder gruppen- und horstförmig sich verjüngenden Beständen. Wo nicht Säge und Axt fortwährend gewissermassen den Motor der Waldenerneuerung bilden, führt der natürliche Lebensablauf des Waldes zur Überalterung und schliesslich zur mehr oder weniger raschen Auflösung oder zum Zerfall mit einer anschliessenden, neuen Entwicklungsreihe.

Diese Erkenntnis ist vor allem für die *Schutzwaldpflege* wichtig: Die blosser Walderhaltung genügt zur Sicherstellung der in solchen Fällen überhaupt noch möglichen Schutzwirkungen des Waldes höchstens in extremen Lagen, wo der dauernd lockere Wald um seine Existenz ringt. Sonst aber muss der Schutzwald zur Schaffung und dauernder Erhaltung geeigneter Strukturen auch dort gepflegt werden, wo er keinen materiellen Ertrag abzuwerfen vermag. «Die Natur schenkt uns keine Gnadenbrote» (*Mitschurin*).

Eine weitere wesentliche Feststellung der vorliegenden Urwalduntersuchungen besteht darin, dass viele Jahrzehnte lange Unterdrückungszeiträume die späteren Wuchsleistungen von Fichte, Tanne und Buche keineswegs zu beeinträchtigen brauchen. Im Gegenteil, sogar Buchen und Fichten, welche sich unter einer dichten Überschirmung über ein halbes Jahrhundert kärglich am Leben zu erhalten vermochten, können unter Umständen später sogar erheblich grössere Baumhöhen und Durchmesser erreichen als Bäume mit rascher Jugendentwicklung im Wirtschaftswald. Urwaldbäume verschieben die Kulmination ihres Höhen- und Durchmesserwachstums nötigenfalls weit über das hundertste Altersjahr hinaus und vermögen oft nach der Unterdrückungsperiode noch während mehreren Jahrhunderten einen sehr ausgeglichenen und verhältnismässig grossen Zuwachs zu leisten.

Die grössten Jahrringbreiten werden bei Fichten, Tannen und Buchen im Urwald zumeist erst im zweiten Jahrhundert ihres Lebens erreicht, also in einem Alter, in welchem gleichaltrige Bestände des Wirtschaftswaldes einen starken Abfall der Zuwachsleistung aufweisen und «überaltert» sind. Die «Überalterung» mancher Wirtschaftswälder ist somit weniger eine naturbedingte Erscheinung, als vielmehr eine Folge nicht standortgerechter Baumartenwahl, unnatürlicher oder wenigstens unzweckmässiger Verjüngungsvorgänge und ungeeigneter Baumartenmischungen oder dadurch bewirkter Standortsveränderungen.

Die Analyse des Wachstumsverlaufes von Urwaldbäumen zeigt im weitem die begrenzte Möglichkeit der Anwendung von Ertragstafeln. Denn diese sind für gleichaltrige Bestände aus Bäumen mit von Jugend an ungehemmtem Wachstumsverlauf aufgestellt. Die Bäume des Plenterwaldes und die aus Verfahren mit langen Verjüngungszeiträumen hervorgegangenen Bestände zeigen wie die Urwaldbäume und -bestände einen anderen und individuell verschiedenen Wachstumsverlauf. Sie altern demgemäss individuell zeitlich stark verschieden.

Das Bemühen, Grundlagen des Erkennens für eine natürliche Waldbautechnik aus den Lebensvorgängen des Urwaldes abzuleiten, führt zur Einsicht, dass Ertragstafelmodelle höchstens wertvolle Hilfen und eine Vergleichsgrundlage darzustellen vermögen. Sie können aber dem wesentlichen Umstand nicht Rechnung tragen, wonach naturnahe Wälder Populationen aus entwicklungsbedingt höchst ungleichen Baumindividuen darstellen. Baumart, Bonität und Alter erweisen sich in energetisch heterogenen Beständen stets als mehr oder weniger fragwürdige, ertragskundliche Kriterien. Die Urteilskraft des Waldbauers kann deshalb durch irgendwelche Messwerte niemals vollständig ersetzt, sondern bestenfalls unterstützt werden. Massgebend für die Entwicklungsfähigkeit, den Wachstumsverlauf und die erreichbare Wuchs- und Wertleistung sind in erheblichem Masse schwer erkennbare, ererbte und erworbene Eigenschaften der Bäume. Eine naturgemässe Waldbautechnik lässt sich daher nicht allein durch theoretische Studien erlernen. Sie verlangt neben einer gewissen Begabung vor allem auch eine früh geübte und fortwährend gepflegte Beobachtung im Wald. In dieser Hinsicht ist der Waldbau keine reine Technik, sondern auch eine mit künstlerischem Schaffen vergleichbare, schöpferische Tätigkeit. Wertvolle Lehrobjekte für die

Förderung des Waldverständnisses bietet der Urwald. Er lässt die Vielseitigkeit und ausserordentliche Kompliziertheit des natürlichen Waldwesens viel deutlicher als der Wirtschaftswald erkennen. Der Errichtung von Waldreservaten kommt daher nicht nur eine naturschützerische und naturwissenschaftliche Bedeutung zu: Sie sind vor allem auch ausgezeichnete, waldkundliche Lehrobjekte für den forstlichen Nachwuchs.

Bei den Bäumen des Urwaldes fällt deren starke, soziale Differenzierung noch mehr auf als im Wirtschaftswald. Diese Differenzierung zeigt sich nicht nur in der relativen Höhe und der Gestalt der Bäume, der Dichte und Farbe der Belaubung und anderen äusseren Merkmalen, sondern vor allem auch im ungleichen Wachstumsrhythmus. Zuwachsuntersuchungen haben gezeigt, dass die von uns aufgestellte und vom Internationalen Verband forstlicher Forschungsanstalten übernommene einfache Baumklassifikation («IUFRO-Klassifikation») solche Unterschiede hinreichend zu erfassen erlaubt. Namentlich die Beurteilung der Vitalität vermittelte in Verbindung mit den anderen Klassifikationskriterien zuverlässige Aufschlüsse über die Zuwachsverhältnisse von Einzelbäumen und bei der Berechnung von Mittelwerten auch ganzer Bestände. Diese Erkenntnis spricht für eine neben den üblichen Kriterien auch die individuelle Wachstumspotenz sorgfältig beurteilende, nicht routinemässig auf Abstandsnormen oder Richtwerten beruhende Holzanzeichnung im Wirtschaftswald.

Zweifellos vermöchte die möglichst gute Erfassung der Vitalitätsverhältnisse und deren Veränderungen in manchen Fällen auch im Wirtschaftswald wertvolle, waldbauliche Aufschlüsse zu bieten. Bei den heute in der Forsteinrichtung zunehmend angewandten Stichprobenverfahren wäre eine zusätzliche Vitalitätsansprache bei den Einzelbäumen ohne nennenswert vermehrten Arbeitsaufwand leicht möglich.

Wertvolle, waldbauliche Folgerungen erlauben im weitem die Ergebnisse der Ermittlung der *Flächenanteile der einzelnen Entwicklungsstufen*. Im Vergleich zu Wirtschaftswäldern ist im Urwald der geringe Flächenanteil des Jungwaldes und vor allem dessen verhältnismässig geringe Individuenzahl umso auffallender, als sich die älteren Bestände oft durch eine bemerkenswert gute durchschnittliche Qualität der

Stämme auszeichnen. Der geringe Anteil des Jungwaldes und dessen eher bescheidene Individuenzahl hängen nicht nur mit der ausserordentlich langen Lebensdauer der Bestände und dem dadurch bedingten grossen Anteil der Optimal- und Altersphase zusammen, sondern auch mit den sehr langen Verjüngungszeiträumen. Bei diesen vermag eine momentan verhältnismässig geringe, jedoch sich laufend ergänzende Anzahl von Nachwuchselementen hinreichenden Ersatz für ausscheidende Bestandesglieder zu bieten. Die Vorstellung, wonach ganz allgemein nur aus sehr dichten Jungwüchsen und Dickungen eine genügende Anzahl gutemässig hochwertiger Bäume hervorgehen vermag, wird durch den Urwald wie durch den Plenterwald widerlegt. In dichten Jungwüchsen und Dickungen des Schlagwaldes erfolgt eine sehr rasche Umsetzung und Ausscheidung, wobei ohne auslesende Pflegeeingriffe die wuchskräftigsten, zumeist sperrigen Individuen die feiner ausgebildeten unterdrücken und verdrängen. Im Urwald wie im Plenterwald sind von den während langer Zeit überschirmten, locker stehenden Bäumchen nur wenige sperrig, die Ausscheidung ist verhältnismässig gering, und die über Jahrzehnte mögliche Nachbesamung bewirkt, dass gesamthaft kaum weniger Individuen an der Bestandeseerneuerung beteiligt sind als im Schlagwald. Dies erklärt, weshalb im Plenterwald ohne Nachteile für die Erzeugung von Qualitätsholz geringere Aufwendungen für die Jungwaldpflege erforderlich sind als im Schlagwald und weshalb im Urwald auffallend wenige Sperrwüchse auftreten.

Im Urwald ist immer wieder festzustellen, dass aus dichtem, ziemlich gleichaltrigem Jungwald auf Katastrophenflächen nicht qualitativ bessere, jedoch durch Schnee und Sturm stärker gefährdete Bestände hervorgehen als aus stark ungleichaltrigen, lockeren, trupp- und gruppenförmigen Jungwüchsen und Dickungen. Die durch den Bestandaufbau geschaffenen Umweltbedingungen sind für die Bildung hochwertiger Stämme offensichtlich mindestens ebenso wichtig wie die Bestandesdichte. Selbst grossflächig unter dem lockeren Schirm alter Buchen-Urwaldbestände aufkommende Jungwüchse und Dickungen sind stark ungleichaltrig und gewöhnlich wenig dicht, ohne dass die spätere durchschnittliche Qualität der Bestände darunter leidet.

Diese Hinweise sollen die Bedeutung einer richtigen Jungwaldpflege im Wirtschaftswald nicht in Frage stellen, sondern lediglich die Vorteile langer Verjüngungszeiträume, nicht zu dichter Jungwüchse und

Dickungen und einer eher zögernden Räumung des Altholzes im Mischwald von Fichte, Tanne und Buche hervorheben.

Urwaldstudien geben dem Waldbau aber nicht nur manche befolgenswerte Fingerzeige, sondern lehren auch eindrücklich, dass sich unser Wirtschaftsziel nur wirtschaftlich erreichen lässt. Abgesehen von den auslesenden und qualitätsfördernden Massnahmen sind im Wirtschaftswald im besondern in der Regel auch Veränderungen der Mischungsverhältnisse erforderlich, denn im Urwald oder ungepflegten Naturwald sind die örtlichen Mischungsformen und Mischungsgrade keineswegs standörtlich, sondern durch zahlreiche Zufälligkeiten bedingt. Ebenso lehrt uns der Urwald, dass sich optimale Bestandesstrukturen nur selten aus der natürlichen Entwicklung ergeben. Wir werden im Wirtschaftswald unter Umständen die im Tannen-Fichten-Buchen-Urwald nur vorübergehend und zumeist nur auf kleiner Fläche vorhandene Plenterwaldphase dauernd erhalten, oder in vielen Fällen aus der «Optimalphase» heraus eine räumlich geordnete Folge von «Verjüngungsphasen» einleiten.

Die Plenterung und der Femelschlagbetrieb sind Betriebsarten, welche den Forderungen einer solchen, den örtlich und zeitlich stark wechselnden Verhältnissen im Areal des Tannen-Buchenwaldes in bester Weise entsprechen. Sie erlauben, den individuellen Lebensablauf ausgewählter Bäume derart zu lenken, dass gesamthaft und nachhaltig die höchstmöglichen Wuchs- und Wertleistungen erzielt werden.

Aus diesen Hinweisen dürfte hervorgehen, dass die Urwaldforschung in erster Linie den Zweck verfolgen sollte, den Willen und die Wege der Natur näher kennen zu lernen, denn dies ist eine grundlegende Voraussetzung für einen rationellen Waldbau. Sie lehrt uns, wie weit und in welcher Weise die kostenlos wirksamen Naturkräfte dem Waldbau am besten dienstbar gemacht werden können nach dem vor über hundert Jahren aufgestellten und immer noch gültigen klassischen Leitsatz von *Parade* (1862):

«Imiter la nature,
hâter son œuvre,
telle est la maxime fondamentale
de la sylviculture.»

Literaturangaben¹

- Anko, B.: Dynamik des Höhenwachstums der Buche und Tanne im Urwald Rog-Slovenien. Gozd. V., Ljubljana, 1965.
- Assmann, E.: Waldertragskunde. München-Bonn-Wien, 1961.
- Blečić, V. Lakušić, R.: Der Urwald «Biogradska gora» im Gebirge Bjelasica in Montenegro. Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine. Sarajevo, 1970.
- Boppe, L.: Traité de sylviculture. Paris-Nancy, 1889.
- Chmelar, J.: Die natürliche Verjüngung der Tanne (*Abies alba* Mill.) in der Urwald-reservation Mionski in den mährisch-schlesischen Beskiden. Sborn. Csl. Akad. Zemed. Lesn., 1959.
- Direction générale des eaux et forêts, France: La forêt vierge de Boubin, dans le domaine de Schwarzenberg. In: Voyage d'études en Tchécoslovaquie. Revue des eaux et forêts, 1929.
- Direktion der staatlichen Forste und Güter in Banská Bystrica-Neusohl: Kurze Beschreibung der Staatsforstverwaltung in Dobroč. Banská Bystrica, 1943.
- Drinić, P.: Taksacioni elementi sastojina jele, smrče i bukve prašumskog tipa u Bosni – Taxationselemente der Tannen-, Fichten- und Buchenbestände des Urwaldtypus in Bosnien. Arbeiten der Fakultät für Landwirtschaft und Forstwesen. Sarajevo, 1956.
- Eckhart, G.: Anmerkungen zum Stärkenzuwachs von Urwald-Tannen aus dem Rothwald in Niederösterreich. Cbl. ges. Forstwesen, 1975.
- Eiberle, K.: Das Urwaldreservat Derborence. Holz-Zentralblatt, 1967.
- Eić, N.: Prašuma Perućica. Šumarstvo, 1958.
- Eichrodt, R.: Über die Bedeutung von Moderholz für die natürliche Verjüngung im subalpinen Fichtenwald. Zürich. Beih. Z. Schweiz. Forstverein, 45, 1970.
- Engler, A.: Der Urwald bei Schattawa im Böhmerwald. Schweiz. Z. Forstwes., 1904.
- Fabijanowski, J.: Geschichte des Biaowieża-Urwaldes und die daraus sich ergebenden waldbaulichen Folgerungen. Allg. Forstzeitschr., 1978.
- Fehr, R.: Der Urwald von Derborence. Jb. Verein z. Schutz der Alpenpflanzen und -tiere, 1962.
- Fröhlich, J.: Aus dem südosteuropäischen Urwalde. Forstw. Cbl., 1925.
- Fröhlich, J.: Aus dem Buchenurwald der Ostkarpathen. Forstw. Cbl., 1937.
- Fröhlich, J.: Vorkommen, Zusammensetzung und Aufbau der südosteuropäischen Laubmischwälder. Schweiz. Z. Forstwes., 1947.
- Fröhlich, J.: Urwaldpraxis. Radebeul-Berlin, 1954.
- Fröhlich, J.: Wald und Wild im Urzustand. Allg. Forstzeitschr., 1955.
- Fukarek, P.: Nacionalni parkovi Jugoslavije. Beograd, 1959.
- Fukarek, P.: Prašuma Perućica nekad i danas. Narodni šumar, 1964.
- Fukarek, P.: Les caractéristiques naturelles principales, la flore et la végétation du parc national «Sutjeska». Acad. Sarajevo, 1969.
- Fukarek, P.: Šumske zajednice prašumskog rezervata Perućice u. Bosni – Waldgesellschaften des Urwaldreservates Perućica in Bosnien. Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine. Sarajevo, 1970.

¹ Ein umfassendes Verzeichnis der wichtigsten Urwalddliteraten wurde von Prof. Dr. Hannes Mayer für den XVI. IUFRO-Kongress 1976 zusammengestellt und ist in den Kongressakten enthalten.

- Fukarek, P.*: Symposium: Les forêts vierges sud-européennes, la flore et la végétation de la région estalpin-dinarique. Sarajevo, 1970.
- Fukarek, P.*: Zu den südosteuropäischen Urwäldern. Allg. Forstzeitschr., 1978.
- Fukarek, P. u. Stefanovic V.*: Prašuma Peručica i njena vegetacija – Das Urwaldgebiet «Peručica» in Bosnien und seine Vegetationsverhältnisse. Arbeiten der Landw.-Forstlichen Fakultät – Abt. Forstwesen. Sarajevo, 1957.
- Hartl. H.*: Die Soziologie der Urwälder Scatlé und Derborence. Schweiz. Z. Forstwes., 1967.
- Hesmer, H.*: Zur Frage des Aufbaues und der Verjüngung europäischer Urwälder. Forstarchiv, 1930.
- Hillgarter, F. W.*: Beitrag zur Methodik der Erfassung und Beschreibung von Urwaldphasen. IUFRO-Kongress Oslo 1976.
- Hillgarter, F.*: Waldbauliche Lehren aus Untersuchungen im Fichtenwald von Scatlé. Allg. Forstzeitschr., 1978.
- Janda, R.*: Prales v Beskydách. Praha, 1943.
- Korpel, Š.*: Dobročský praes. jeho štruktúra, vývoj a produkčné pomery. Čs. ochrana přírody. Bratislava, 1967.
- Korpel, Š.*: Bedeutung urwaldartiger Reservationen für die Biologie des Waldes und für die Waldbautechnik. Českoslov. Ochrana přírody 6,0.3.
- Kral, F., Mayer, H.*: Pollenanalytische Überprüfung des Urwaldcharakters in den Naturwaldreservaten Rothwald und Neuwald. Forstw. Cbl., 1968.
- Leibundgut, H.*: Waldbauliche Untersuchungen über den Aufbau von Plenterwäldern. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchswes., 1945.
- Leibundgut, H.*: Über Zweck und Methodik der Struktur- und Zuwachsanalyse von Urwäldern. Schweiz. Z. Forstwes., 1959.
- Leibundgut, H.*: Risultati delle ricerche in foreste vergine europeo. Annali dell'Accademia italiana di scienze forestali, 1960.
- Leibundgut, H.*: Urwaldforschung und Waldbau. Allg. Forstzeitschr., 1962.
- Leibundgut, H.*: Die Waldpflege. 2. Aufl. Bern-Stuttgart, 1978.
- Leibundgut, H.*: Über die Dynamik europäischer Urwälder. Allg. Forstzeitschr., 1978.
- Leibundgut, H.*: Über Zweck und Probleme der Urwaldforschung. Allg. Forstzeitschr., 1978.
- Machura, L.*: Beitrag zur Kenntnis des Rothwaldes. Blätter für Naturkunde und Naturschutz. Wien, 1942.
- Manúseva, L. u. Ćirić, M.*: On the specific properties of humus in virgin forest soils of Bosnia and Hercegovina. Editura Academici Republicii socialiste Romanis, 1969.
- Markgraf, F., Dengler, A.*: Aus den südosteuropäischen Urwäldern. Z. Forst- u. Jagdwes., 1931.
- Mauve, K.*: Über Bestandaufbau, Zuwachsverhältnisse und Verjüngung im galizischen Karpathen-Urwald. Diss. Forstl. Hochsch. Eberswalde. Hannover. Mitt. Forstwirtschaft u. Forstwiss., 1931.
- Mayer, H.*: Das Fichten-Naturwaldreservat Rauterriegel am Eisenhut bei Turrach. Cbl. ges. Forstwesen, 1967.
- Mayer, H.*: Das Buchen-Naturwaldreservat Dobra/Kamplaiten im niederösterreichischen Waldviertel. Schweiz. Ztsch. f. Forsts., 1971.
- Mayer, H.*: Der Einfluss des Schalenwildes auf die Verjüngung und Erhaltung von Naturwaldreservaten. Forstw. Cbl., 1975.
- Mayer, H.*: Über die Bedeutung der Urwaldforschung für den Gebirgswaldbau. Allg. Forstzeitschr., 1978.
- Mayer-Wegelin, H. u. Möhring/Schulz-Brüggemann, H. u. M.*: Untersuchungen über den Bestandaufbau im Kleinen Urwald des Rothwaldes. Zbl.f.d. ges. Forst- u. Holzwirtsch., 1952.

- Mayer, H., Schenker, S., Zukrigl, A.: Der Urwaldrest Neuwald beim Lahnsattel. Cbl. ges. Forstwesen, 1972.
- Meyer, H. A.: Eine mathematisch-statistische Untersuchung über den Aufbau des Plenterwaldes. Schweiz. Z. Forstwes., 1933.
- Miletić, Ž.: La signification économique des peuplements du caractère de forêt-vierge et leur traitement. Šum. List, 1930.
- Miletić, Ž.: Recherches sur la structure des peuplements de hêtre dans des forêts du caractère de forêt-vierge. Šum. List, 1930.
- Milin, Ž.: Untersuchungen über die Struktur eines urwaldartigen Buchenbestandes in Južni-Kučaj-Serbien. Glasnik šumarskog fakulteta. Beograd, 1954.
- Mlinšek, D.: Verjüngung und Entwicklung der Dickungen im Tannen-Buchen-Urwald «Rog» (Slowenien). XIV. IUFRO-Kongress. Section 23. München, 1967.
- Mlinšek, D.: Brauchen wir Urwald? Allg. Forstzeitschr., 1978.
- Mlinšek, D. u. Zupančič, M.: Über den Jahresverlauf des Höhenwachstums in Buchendickungen des dinarischen Tannen-Buchen-Urwaldes. Zbornik gozdarstva i Cesarstvo, 1974.
- Müller, K. M.: Aufbau, Wuchs und Verjüngung der südosteuropäischen Urwälder. Hannover, 1929.
- Musilová, L.: Státní přírodní rezervace Salajka. Ostrava, 1970.
- Nožička, J.: Z minulosti českých pralesů. Praha, 1965.
- Olšanská, E.: Mionši. Přírodovědná stezka pralesovou rezervací. Ostrava, 1968.
- Pintarić, K.: Urwald Peručica als natürliches Forschungslaboratorium. Allg. Forstzeitschr., 1978.
- Plavšić-Gojkoviv, N.: Plavšić, M., Golubović, U.: Ein Beitrag zur Kenntnis der pflanzensoziologischen Zusammensetzung und Aufbauelemente des Urwaldreservates «Čorkova uvala». Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine. Sarajevo, 1970.
- Plochmann, R.: Bestockungsaufbau und Baumartenwandel nordischer Urwälder, dargestellt an Beispielen aus Nordwestalberta, Kanada. Habil. schrift Univ. München. Hamburg-Berlin, 1956.
- Priesol, A., Randuška, D.: Dobrošský prales – Urwald Dobroč. Bratislava, 1967.
- Prpić, B.: Some characteristics of the Čorkova uvala virgin forest. Šumarski list, 1972.
- Průša, E.: Pralesovitý porost Stožec-Medvědice. Lesnictví, 1977.
- Puncer, I., Zupančič, M.: Der Buchen-Tannenurwald «Rajhenavski rog» in Slowenien. Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine. Sarajevo, 1970.
- Randušková, L.: Zistenie závislostí medzi vývojovými fázami pralesa a typmi základných fytoocenóz v Dobroškom pralesi. Sborník prác Lesníckeho a drevárskeho múzea vo Zvolene. Zvolen, 1964.
- Rehak, J.: Die Struktur der Bestände des Kubani-Urwaldes und die natürliche Verjüngung der Hauptholzarten. Lesnictví. Prag, 1959.
- Rubner, K.: Die waldbaulichen Folgerungen des Urwaldes. Naturw. Ztsch. f. Forst- u. Landwirtsch. 18, 1920.
- Rubner, K.: Urwaldfragen, Forstarchiv, 1950.
- Šafar, J.: Der Verjüngungsprozess der Tanne und Buche in den kroatischen Urwäldern. Šum. List, 1953.
- Schimitschek, E.: Lebensgemeinschaft «Urwald». Österr. Vierteljschft. f. Forstw., 1936.
- Schütz, J. P.: Etude des phénomènes de la croissance en hauteur et en diamètre du sapin (Abies alba Mill.) et de l'épicéa (Picea abies Karst) dans deux peuplements jardinés et une forêt vierge. Diss. ETH, 1969.
- Tregubov, S.-S.: Les forêts vierges montagnardes des Alpes Dinariques. Massif de Klekovatcha-Guermetch. Montpellier, 1941.

- Trinajstić, I.*: Beitrag zur Kenntnis der Vegetation des Urwaldreservates «Čorkova uvala». Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine. Sarajevo, 1970.
- Tschermak, L.*: Der Urwald und seine Überführung in Wirtschaftswald. Wiener Allg. Forst- u. Jagdtzgt., 1925.
- Vézina, P.-E.*: Contribution à l'étude des forêts vierges comme base pour le développement d'une sylviculture plus près de la nature. Essai d'application aux forêts résineuses de l'Est canadien. Schweiz. Z. Forstwes., 1959.
- Vyskot, M.*: Druhová a prostorová skladba Lanžhotského pralesa a poměry přirozené obnovy. Lesnictví, 1959.
- Vyskot, M.*: Stand structure and natural reproduction in the reservation in the virgin forest Bumbálka. Scientia agriculturae Bohemoslovaca, 1969.
- Vyskot, M.*: Tschechoslowakische Urwaldreste als Lehrobjekte. Allg. Forstzeitschr., 1978.
- Vyskot, M. et al.*: Československé pralesy – Tschechoslowakische Urwälder. Praha, 1978.
- Wraber, M.*: Sur l'importance pour la sylviculture et l'économie forestière des surfaces réservées à l'étude de la forêt vierge. Ponatis Biol. Vestn. 1, 1952.
- Wraber, M.*: Zur Topographie, Ökologie und Soziologie der slowenischen Urwälder. Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine. Sarajevo, 1970.
- Zednik, F.*: Über den Aufbau des Urwaldes der gemässigten Zone. Z. Weltforstwirtschaft, 1938/39.
- Zukrigl, K.*: Zwei Urwaldreste in den niederösterreichischen Kalkalpen. Jb. Verein z. Schutz der Alpenpflanzen und -tiere, 1963.
- Zugrigl, K.*: Zusammenhänge zwischen Standort, Vegetation und Bestandesstruktur in Urwaldbeständen verschiedener Ausbildungen des Abieti-Fagetum in Österreich. Acad. Sarajevo, 1970.
- Zukrigl, K.*: Der Rothwald als Forschungsobjekt. Allg. Forstzeitschr., 1978.
- Zukrigl, K., Eckhart, G. u. Nather, J.*: Standortskundliche und waldbauliche Untersuchungen in Urwaldresten der niederösterreichischen Kalkalpen. Mitt. Forstl. Bundesversuchsanst. Mariabrunn, 1963.
- Zukrigl, K., Eckhart, G. u. Nather, J.*: Ergebnisse von Untersuchungen in niederösterreichischen Urwaldresten. Allg. Forstztg., 1964.
- Zukrigl, K. u. Eckhart, G.*: Bestandesaufbau und Verjüngungsgang in einem Urwaldrest der niederösterreichischen Kalkalpen. Bündnerwald, 1965.

Europäische Urwälder der Bergstufe

«Urwälder» sind ursprüngliche, in ihrem Aufbau seit jeher allein durch natürliche Lebensbedingungen geprägte Wälder. Ihr Boden, ihr Innenklima, ihre gesamte Lebewelt und ihre Lebensvorgänge sind weder durch Holznutzung, Streuegewinnung oder Beweidung, noch durch andere mittelbare und unmittelbare menschliche Einflüsse verändert worden. Solche Wälder sind in Mittel- und Osteuropa fast ausschliesslich in schwach besiedelten, abgelegenen und unerschlossenen Gebieten der Bergstufe erhalten geblieben. Zur Hauptsache handelt es sich vegetationskundlich um Buchen- und Tannen-Buchenwälder. Neben Buchen und Tannen kommen in ihnen je nach den örtlichen Standortsbedingungen eingesprengt und beigemischt auch andere Nadel- und Laubbaumarten vor: Fichten, Föhren, Berg- und Spitzahorne, Bergulmen, Birken, Aspen u. a.

Die Untersuchung des Aufbaues und der Lebensvorgänge dieser Urwälder bietet nicht allein ein naturwissenschaftliches Interesse, sondern bildet auch eine wesentliche Grundlage für den waldbaulichen Fortschritt, denn bei den langen forstlichen Produktionszeiträumen ist für einen haushälterischen Waldbau wesentlich, dass die losen wirkenden natürlichen Vorgänge mit möglichst geringem Aufwand in die Richtung unserer Wirtschaftsziele gelenkt werden. Die verwickelten Wechselbeziehungen dieser Vorgänge lassen sich am besten in Urwäldern erforschen.



1 Urwald Derborence (Wallis) mit Anfangswald aus Lärchen, Föhren, Aspen und Weiden am Seeufer

2 Urwald Derborence (Wallis)





3 Urwald Kruščica (Bosnien)

4 Urwald Peručica (Bosnien)





5 Urwald Peručica (Bosnien) mit schmalkronigen Fichten

6 Urwald Peručica (Bosnien)





1 Urwald Derborence (Wallis) mit Anfangswald aus Lärchen, Föhren, Aspen und Weiden am Seeufer

2 Urwald Derborence (Wallis)



Die Optimalphase des Buchenurwaldes

Aus der Ferne erscheint der Urwald auf grosser Fläche gleichartig und dicht geschlossen. In seinem Innern lassen sich jedoch örtliche Unterschiede des Aufbaues erkennen, welche mit dem Lebensablauf der einzelnen Bäume und ganzer Bestände offensichtlich im Zusammenhang stehen. Es handelt sich um deutlich unterscheidbare Entwicklungsphasen. Diese sind vor allem gekennzeichnet durch die Zusammensetzung und den Aufbau der Bestände sowie durch die Lebenskraft der Bäume und deren Wachstumsverlauf.

In der *Optimalphase* sind die Bestände dicht geschlossen und durch grosse Holzmassen («holzvorräte») ausgezeichnet. Der Anteil toter Bäume ist verhältnismässig gering, und der Zuwachs an Holzmasse ist grösser als der Abgang durch absterbende Bäume, so dass der Holzvorrat noch weiter zunimmt. Die starke Beschattung durch die Buchenkronen der Oberschicht bewirkt, dass die Mittel- und Unterschicht nur spärlich ausgebildet sind. Die Bodenvegetation besteht aus wenigen schattenertragenden Arten. Der Boden ist grossenteils von einer Laubschicht bedeckt.



9 Urwald Kukavica (Bosnien) in der späten Optimalphase



10 Urwald Kukavica (Bosnien) in der frühen Optimalphase

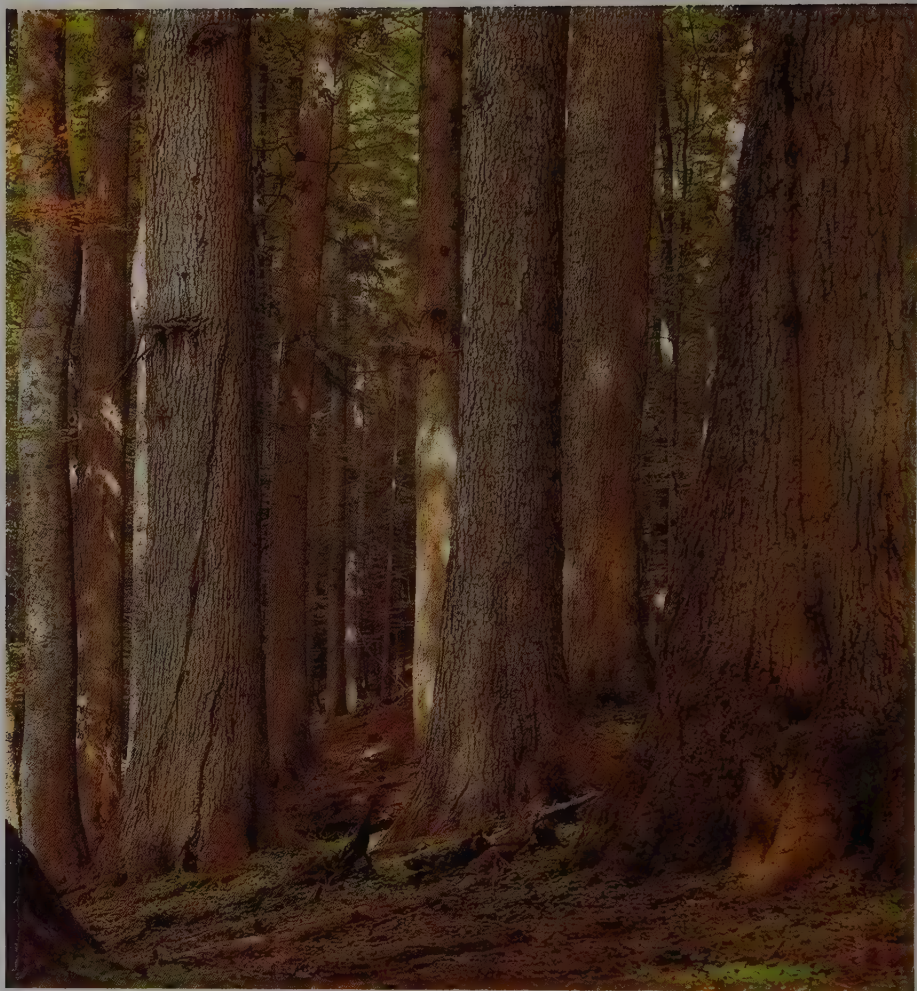
11 Urwald Gorjanci (Bosnien) in der Optimalphase



Die Optimalphase des Tannen-Buchen-Urwaldes

Im Areal des Tannen-Buchenwaldes wechseln die Anteile der einzelnen Baumarten örtlich stark. Den Tannen und Buchen sind zumeist Fichten beigemischt, und daneben kommen oft auch einzelne Bergahorne, Bergulmen und andere Baumarten vor. Die ungleichen erreichbaren Höhen der einzelnen Baumarten und ihr ungleicher Wachstumsverlauf bewirken, dass die Bestände auch in der vorratsreichen Optimalphase weniger gleichförmig als die nahezu reinen Buchenbestände sind. Je nach den örtlichen Lichtverhältnissen im Bestandesinnern vermögen schattenertragende Baumarten, namentlich Tannen und Buchen, auch in der Mittel- und Unterschicht der Bestände zu gedeihen. Die gemischte Nadel- und Laubstreu wird leichter abgebaut als reines Buchenlaub. Eine artenreichere Bodenvegetation kennzeichnet die Tannen-Buchenwälder.





13 Urwald Neuwald am Lahnsattel (Österreich) in der späten Optimalphase.
Foto Tilgner

14 Urwald Pečka in Slovenien. Probefläche 2





15 Tannen-Urwaldbestand in der frühen Optimalphase im Tara-Gebirge (Montenegro). Foto Kolarovic

16 Urwald Gotsch (Montenegro). Foto Kolarovic





17 Urwald Velika (Bosnien)

18 Urwald Lysica (Polen). Foto Krysztofik





19 Urwald Dobroč (Tschechoslowakei)

20 Kubany-Urwald (Tschechoslowakei). Foto FVA Prag





21/22 Urwald Pečka (Slovenien)



Die Altersphase des Buchenurwaldes

Trotz der gewöhnlich grossen Altersunterschiede der Bäume, lassen doch ganze Bestände oder Bestandesteile in der späten Optimalphase gesamthaft Alterserscheinungen erkennen. Der Holzvorrat erreicht den Höchstwert, nimmt aber nicht mehr weiter zu und geht sogar allmählich zurück, da der Zuwachs des Bestandes entstehende Ausfälle durch absterbende Bäume nicht mehr auszugleichen vermag. In dieser Altersphase scheiden in Buchenbeständen gewöhnlich ganz zerstreut einzelne Bäume aus, verletzen beim Umstürzen die Stämme von Nachbarbäumen und schaffen damit Eingangspforten für holzerstörende Pilze, so dass die Bestände allmählich verlichten. Die Vermorschung der verletzten und abgestorbenen Stämme erfolgt verhältnismässig rasch. In den Lücken stellt sich zeitlich stark gestaffelt nach Samenjahren zumeist dichter Jungwuchs ein.





24/25 Urwald Kukavica (Serbien)





26/27 Urwald Kukavica (Serbien)





28 Urwald Kukavica (Serbien)

Die Altersphase des Tannen-Buchenurwaldes

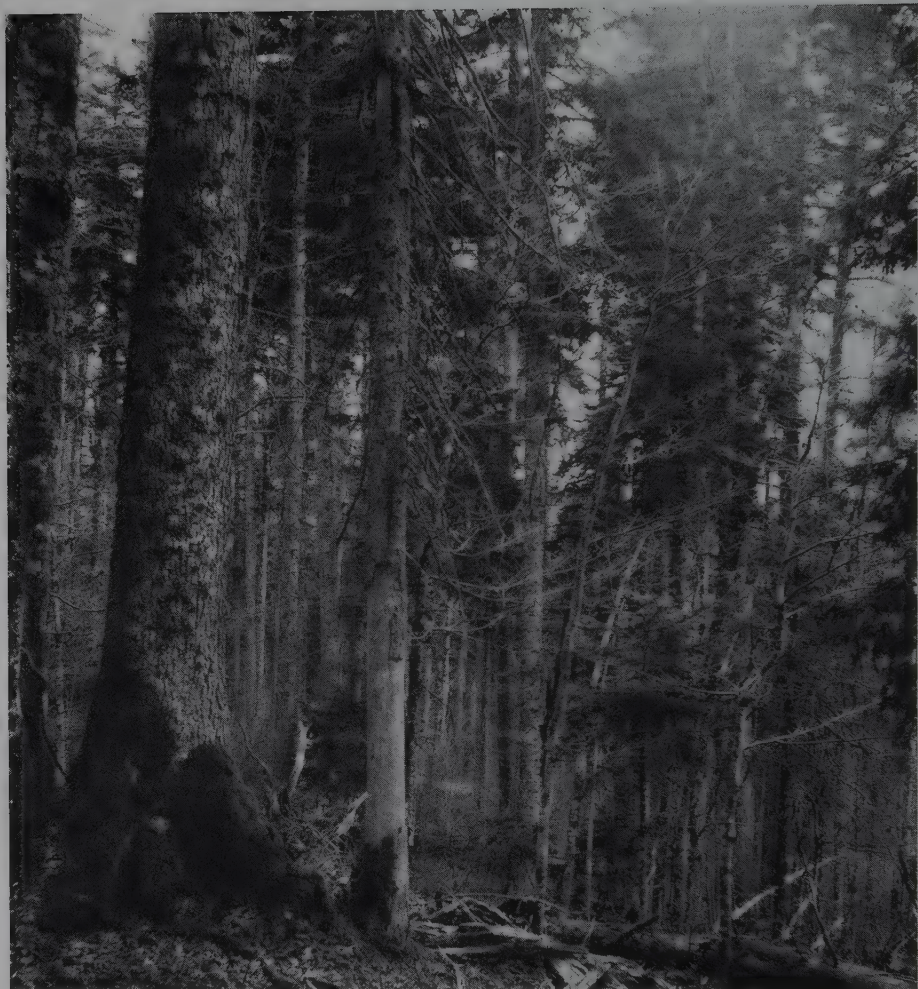
Im Tannen-Buchen-Urwald mit beigemischten Fichten scheiden die Buchen gewöhnlich schon in der späten Optimalphase grossenteils aus. Während Fichten, und vor allem Tannen, ein Alter von über 400 Jahren erreichen können, werden die Buchen selten älter als etwa 250- bis 300jährig. Der Tannenanteil nimmt daher in der Altersphase stark zu. Obwohl die Nadelbäume bei Verletzungen durch fallende Stämme weniger rasch von holzerstörenden Pilzen befallen werden, wird doch die Auflösung der Bestände durch Pilzinfektionen der Stämme nach Verletzungen und durch den Borken- und Bockkäferbefall kümmernder Bäume stark beschleunigt. Im Unterschied zu den abgestorbenen Buchen bleiben tote Nadelbäume oft viele Jahrzehnte stehen, so dass ihr Anteil an der gesamten Holzmasse in der Altersphase mehr als ein Viertel betragen kann.



29 Tannenleiche mit Pilzbefall

30 Urwald Pečka (Slovenien)





31 Kubany-Urwald (Tschecholsowakei)

32 Urwald Peručica (Bosnien)





33 Urwald Pečka (Slovenien)

34 Urwald Peručica (Bosnien)





35/36 Urwald Rothwald (Österreich). Foto Tilgner

37 Urwald Peručica (Bosnien)





37 Urwald Peručica (Bosnien)

38 Urwald Pečka (Slovenien)



Die Verjüngungsphase des Tannen-Buchen-Urwaldes

Bei langsamer Auflösung des Altholzes vermag die nach jedem Samenjahr erfolgende reiche Ansamung an genügend belichteten und von der Bodenvegetation nicht zu dicht besetzten Stellen zu gedeihen. Je nach den örtlichen Verhältnissen entstehen trupp- und gruppenweise, oft aber auch auf grösseren Flächen Jungwüchse und Dickungen. Damit geht die Altersphase in eine eigentliche Verjüngungsphase über. Während der Buchenjungwuchs gewöhnlich Flächen von mehreren Aren dicht besetzt, stellt sich die Tanne zumeist einzeln und truppweise ein. Die Fichte vermag sich dagegen nur an für sie ganz besonders günstigen Stellen anzusamen. Es sind dies hinreichend belichtete, von einer Konkurrenz durch die Bodenvegetation freie und zumeist etwas erhöhte kleinflächige Standorte. An der Entstehung der Jungwüchse sind gewöhnlich viele Samenjahre beteiligt. Durch die Altersunterschiede anfänglich bedingte Unterschiede in den Höhen der jungen Bäumchen gleichen sich mit der Zeit weitgehend aus, so dass Jungwüchse und Dickungen meistens ziemlich gleichalterig erscheinen. Das ungleiche Jugendwachstum vermag aber den späteren Wachstumsverlauf stark zu beeinflussen, indem eine anfänglich verlangsamte Entwicklung die Kulmination des Wachstums in ein höheres Alter verschieben und eine grössere Lebenserwartung mit sich bringen kann.





40/41 Urwald Peručica (Bosnien)





42/43 Urwald Pečka (Slovenien)





44 Urwald Pečka (Slovenien)





46 Urwald Peručica (Bosnien) Fichtenreihe, entstanden durch Ansamung auf Baumleiche

47 Urwald Pečka (Slovenien)





48/49 Urwald Pečka (Slovenien)





50 Urwald Pečka (Slovenien) Fichtendickung in Windfallücke

51 Urwald Krčevine (Bosnien)





Die Verjüngung auf Baumleichen

Vermorschte, oft von einer dünnen Moosschicht überdeckte, am Boden liegende Stämme bieten für Tannen und namentlich Fichten ein ideales Keimbett. Ihre Samen bleiben in der Moosschicht hängen, und das Moderholz speichert das Niederschlagswasser wie ein Schwamm, so dass die Keimlinge und Sämlinge in Trockenperioden nicht unter Wassermangel leiden. Zudem ist der Wettbewerb durch die Bodenvegetation auf starken Baumleichen ausgeschaltet. Hier bleibt der Schnee weniger lang liegen, und die günstigen Wärme- und Lichtverhältnisse erlauben den jungen Waldbäumchen bei der reichen Stickstoffversorgung ein gutes Gedeihen. Durch das Moderholz hindurch gelangen ihre Wurzeln schliesslich in den Waldboden. Nach dem vollständigen Zerfall und Abbau des Moderholzes ist die einstige Ansamung der Bäume auf Baumleichen immer noch an den Stelzenformen ihrer Wurzeln und oft an ihrer reihenweisen Anordnung zu erkennen.



53 Stelzenfichte mit auf der vermoderten Baumleiche gebildeten Seitenwurzeln

54 Stelzenfichte





55 Stelzenfichte mit auf der vermoderten Baumleiche gebildeten Seitenwurzeln

56 Fichtenjungwuchs auf vermoderter Baumleiche

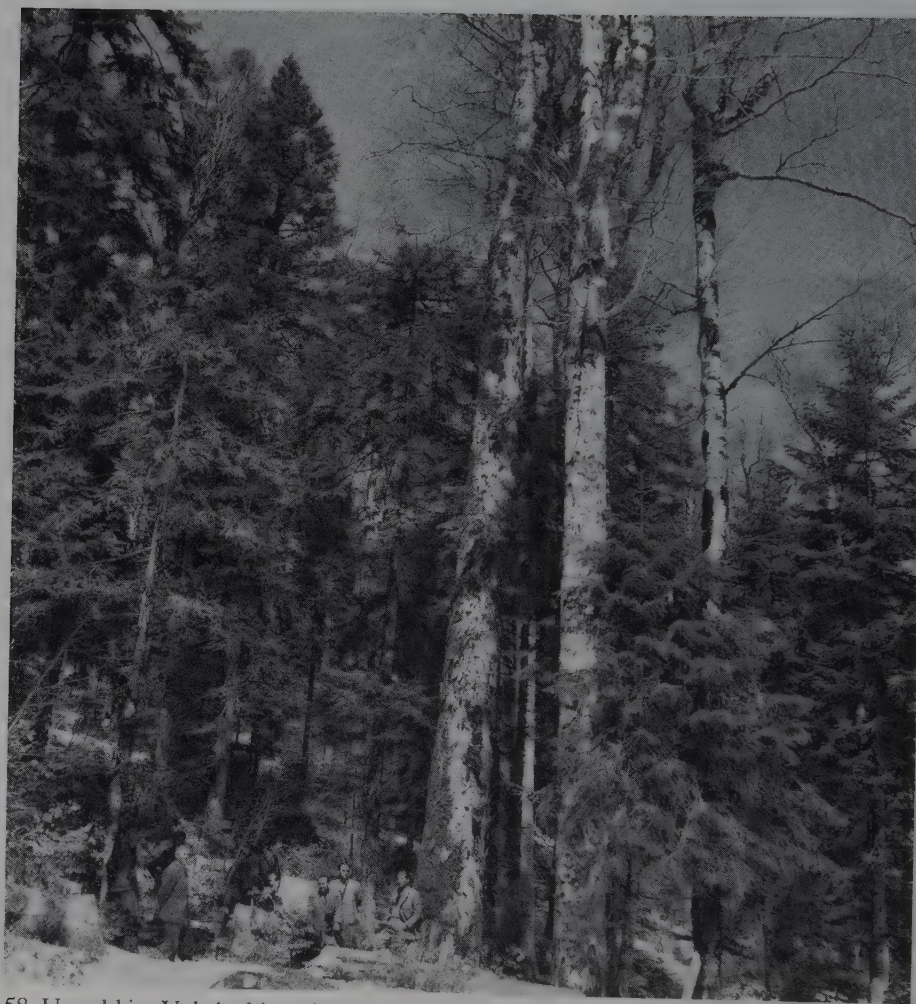




57 Schlecht verankerte Stelzenfichte

Die Plenterwaldphase des Tannen-Buchen-Urwaldes

Bei einer zeitlich stark gestaffelten, oft über ein Jahrhundert dauernden, vereinzelt, trupp- oder gruppenweisen Verjüngung entsteht ein stufiger Aufbau wie in einem Wirtschaftsplenterwald. Alle Bestandesschichten sind mehr oder weniger stark besetzt. Die Oberschicht wird hauptsächlich von starken, grossenteils noch vitalen Tannen und Fichten gebildet, die hauptsächlich in Bestandeslücken vorhandene Mittelschicht von rasch aufstrebenden Bäumen, und in der Unterschicht sind über die ganze Fläche verteilt durch den Lichtmangel in ihrem Höhenwachstum stark gebremste Buchen, Fichten und vor allem Tannen vorhanden. Ein solcher Bestandaufbau ist nur bei weisentlich kleineren Holzvorräten, als sie die Optimal- und Altersphase aufweisen, möglich. Wie alle anderen Entwicklungsphasen stellt auch die Plenterwaldphase keinen Dauerzustand dar. Die Bäume der Mittelschicht wachsen mit der Zeit mehr und mehr in die Oberschicht ein, und es entsteht eine Optimalphase.



58 Urwald im Velešegirje (Bosnien) mit starken Bergahornen

59 Urwald Gorjanci (Bosnien). Fichtenstangenholz in Bestandelücke





60/61 Urwald Pečka (Slovenien)





62 Kubany-Urwald (Tschechoslowakei)

63 Urwald Krčevine (Bosnien)





64 Urwald Krčevine (Bosnien)

65 Urwald Dobroč (Slowakei)





66 Urwald Dobroč (Slovakei)

67 Urwald Gorjanci (Bosnien)





68 Urwald Peručica (Bosnien)

69 Urwald Derborence (Wallis)





70 Urwald Gorjanci (Bosnien)



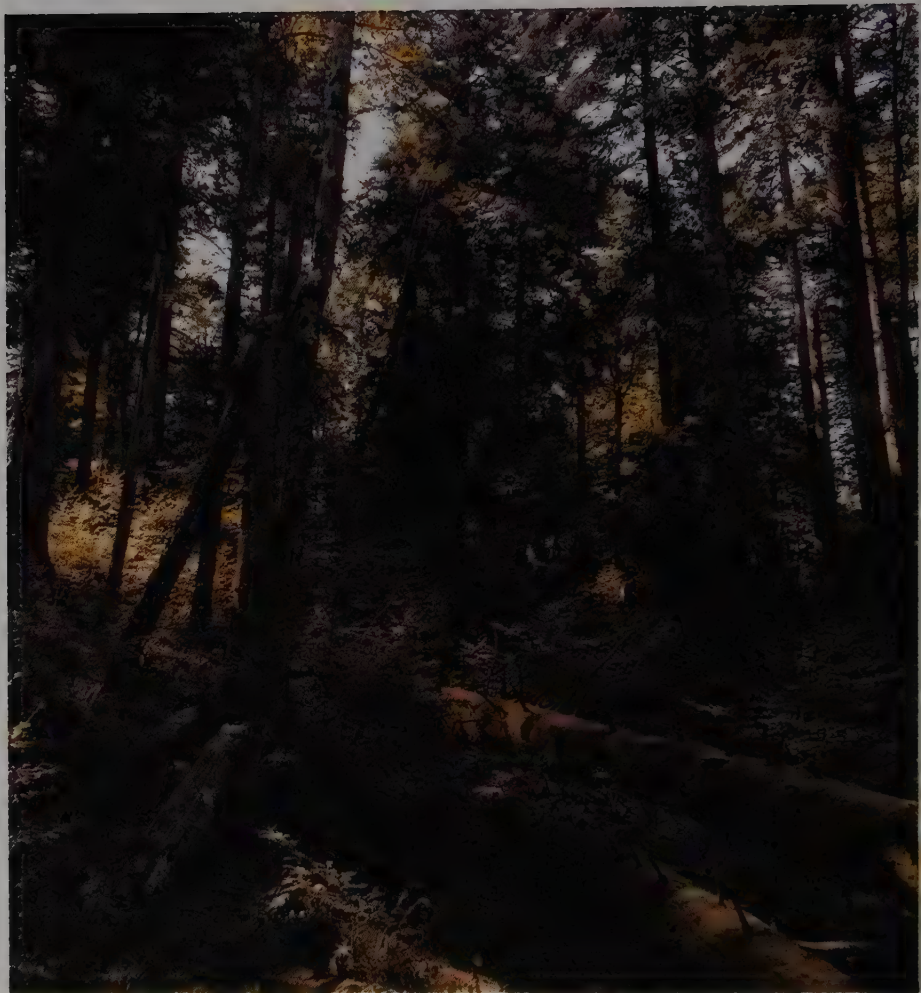
71 Urwald Peručica (Bosnien)



72 Buchen-Urwald Kukavica (Bosnien)

Die Zerfallsphase des Tannen-Buchen-Urwaldes

Windwürfe, Schneedruck, Borkenkäferbefall, Stamm- und Wurzelfäulen wenig lebenskräftiger Bäume der Altersphase leiten oft einen raschen Zerfall ganzer Bestände oder ausgedehnter Bestandesteile ein, bevor ein entwicklungsfähiger und ausreichender Jungwuchs vorhanden ist. Die Blößen werden bald von einer hohen und dichten Schlagflora besetzt, so dass oft jahrzehntelang eine erfolgreiche Ansammlung der Waldbäume verunmöglicht wird. Und wo sich etwa vereinzelt Tannen, Fichten oder Buchen einstellen, verhindert in den meisten Fällen der Verbiss durch Rot- und Rehwild deren Entwicklung. Die Wiederbewaldung von Kahlflächen vollzieht sich in den meisten Fällen nur langsam in einer langen Vegetationsfolge von einem Anfangswald bis zum klimatisch bedingten Endglied, einem Schlusswald in der Optimalphase.



73/74 Urwald Pečka (Slovenien)





75 Urwald Scatlé (Graubünden)

76 Urwald Rothwald (Österreich). Foto Tilgner





77 Urwald Perućica (Bosnien)

78 Urwald Rothwald (Österreich). Foto Tilgner





79 Urwald Peručica. Windfallfläche

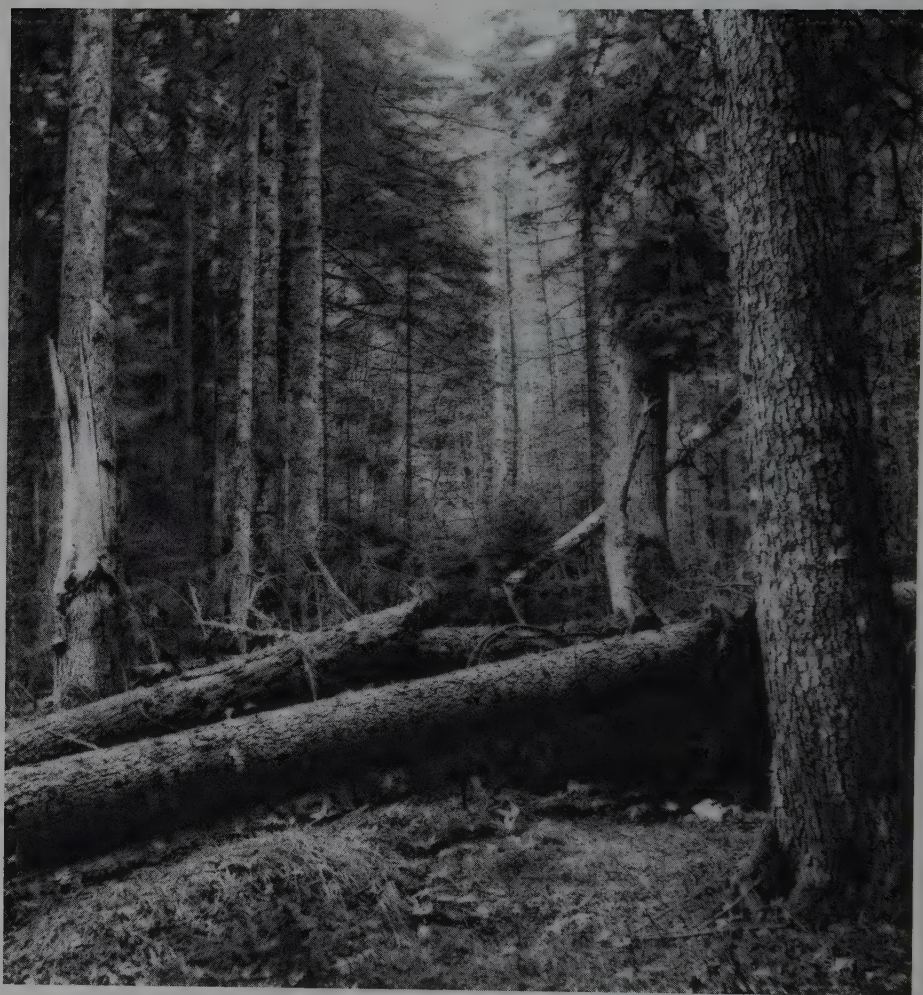


80 Urwald Perućica (Bosnien). Schneebruch- und Windfallfläche



81/82 Urwald Scatlé (Graubünden)





83 Urwald Krčevine (Bosnien)

84 Urwald Dobroč (Slowakei)





85 Buchenuřwald Kukavica (Bosnien)

86 Urwald Pečka (Slovenien)





87 Urwald Krčevine (Bosnien)

Der Anfangswald

Auf Blößen und Kahlflächen mit freilandähnlichen Bedingungen saamen sich an den von der Schlagflora nicht besetzten Stellen vereinzelt und truppweise stark lichtbedürftige, frostharte Baumarten mit leichten, flugfähigen oder durch Vögel verbreiteten Samen an: Salweiden, Aspen, Birken, Föhren, Vogelbeeren u. a. Ausnahmsweise können auch Fichten solche Flächen besiedeln. Diese Kahlflächenbesiedler bilden mit der Zeit einen geschlossenen Anfangswald, unter dessen Beschattung die lichtbedürftige Schlagflora allmählich verschwindet und für die Ansamung von Schattenbaumarten günstige Voraussetzungen entstehen.



88 Urwald Peručica (Bosnien). Brandfläche mit Salweiden



89 Urwald Perućica (Bosnien). Brandfläche mit Salweiden und Aspen



Der Übergangswald

Unter dem lockeren Schirm des Anfangswaldes saamen sich mit der Zeit frostempfindliche und Schatten ertragende Baumarten an, namentlich Tannen, aber auch Fichten und aus den von Vögeln und Nagern verschleppten Eckern auch Buchen. Diese Baumarten bilden vorerst unter den Arten des Anfangswaldes eine Unterschicht, später eine Mittelschicht, und allmählich schieben sie sich in das Kronendach des Anfangswaldes hinauf und beginnen dessen Baumarten zu bedrängen. Die ohnehin nur kurzlebigen Weiden und Aspen sterben bald ab, während sich Birken und namentlich Föhren oft in der Mischung mit den Schattenbaumarten lange Zeit zu halten vermögen. Bei einer langen zeitlichen Staffelung der Ansamung der Schattenbaumarten können vorübergehend plenterwaldartige Bestände entstehen, die sich aber von der beschriebenen Plenterwaldphase durch wesentlich geringere Holzvorräte und das Fehlen der starken, überalten Baumriesen unterscheiden. Mit dem Ausscheiden der Lichtbaumarten entwickelt sich der Übergangswald zu einem Schlusswald in der Optimalphase.



91 Urwald Romanja (Bosnien). Oberschicht aus Aspen, Mittelschicht aus Fichten

92 Urwald Derborence (Wallis). Übergang in die Plenterwaldphase





93 Urwald Peručica (Bosnien). Aspen und aufstrebende Fichten

94 Urwald Igman (Bosnien). Mischwald aus Föhren, Fichten und Tannen



Die Zerstörung des Urwaldes durch Ausbeutung

Die Überführung von Urwald in Wirtschaftswald würde eine sorgfältige, pflegliche Nutzung in kurzfristig wiederholten Eingriffen voraussetzen. Dies wäre nur bei einer guten und planmässigen Walderschliessung und einem gut ausgebauten Forstdienst möglich. Dort, wo heute noch Urwälder vorhanden sind, fehlen diese Voraussetzungen in den meisten Fällen. Da die erforderlichen Mittel für die Schaffung dieser Voraussetzungen kaum in absehbarer Zeit aufgebracht werden können und die vorratsreichen Urwaldreste zudem vielfach als abbaufähige Holzreserven betrachtet werden, erfolgt manchenorts eine schonungslose Ausbeutung. Alles irgendwie kostendeckend verwertbare Holz wird geschlagen. Zurück bleiben nur kranke oder minderwertige, nicht verwertbare Starkhölzer und grossenteils durch die Fällung und Bringung beschädigter Jungwald. Die technische Entwicklung ermöglicht zunehmend, die Zerstörung von Urwäldern noch «rationeller» und rascher durchzuführen. Um so mehr ist anerkennend hervorzuheben, dass sich der Forstdienst bemüht, wenigstens die besonders wertvollen Urwaldreste als Reservate auszuscheiden und der Lehre und Forschung als Naturlaboratorien zu erhalten.





96 Ausgebeuteter Urwald



97 Ausgebeuteter Urwald



98 Ausgebeuteter Urwald



99 Primitive Holzbringung bei Urwaldausbeutung



100 Ausgebeuteter Buchen-Urwald

Prof. Dr. Hans Leibundgut

Die Waldpflege

2., überarbeitete und erweiterte Auflage

204 Seiten mit 13 Abbildungen, 18 Zeichnungen und 9 Tabellen

Pappband Fr. 36.–/DM 43.–

Unter «Waldpflege» versteht der Autor alle auslesenden und pfleglichen waldbaulichen Eingriffe in den Wald, die das Ziel verfolgen, sowohl den Lebensablauf der Einzelbäume wie ganzer Bestände so zu lenken, dass das bestmögliche Wirtschaftsziel erreicht wird. Er gliedert die Waldpflege in **Jungwuchspflege**, **Dickungspflege** und **Durchforstung**. Hinzu kommen **Bodenpflege**, **Waldklimapflege**, **Pflege des ganzen Beziehungsgefüges** des Waldes und einige Massnahmen, die der Qualitätssteigerung dienen.

Prof. Dr. Hans Leibundgut

Die natürliche Waldverjüngung

107 Seiten mit 20 schwarz-weissen Abbildungen

Pappband Fr. 42.–/DM 48.50

Als Fortsetzung des Buches «Die Waldpflege» behandelt der Autor hier die Technik der natürlichen Walderneuerung mit ihren Vor- und Nachteilen und stellt die Waldverjüngung in den Rahmen der gesamten forstlichen Betriebsführung. Dieses Buch ist leicht lesbar geschrieben und von grossem praktischem und theoretischem Wissen getragen. Es richtet sich sowohl an Forstleute aller Stufen wie auch an interessierte Waldbesitzer. Für Waldbauer ist es eine anregende Pflichtlektüre von grossem Wert.

VERLAG PAUL HAUPT BERN UND STUTTGART

Prof. Dr. Hans Leibundgut

Die Aufforstung

88 Seiten mit 8 Abbildungen

Pappband etwa Fr. 30.–/DM 36.–

Dieses Buch befasst sich mit den Grundfragen, den naturwissenschaftlichen Grundlagen und der Technik zur Schaffung von Schutz- und Wirtschaftswäldern in verschiedenen Gebieten der gemässigten Zone. Es soll Studierenden als Einführung in das Aufforstungswesen, Praktikern als Leitfaden und Nichtforstleuten als grundsätzliche Orientierung dienen.

PD Dr. Fritz Schweingruber

Der Jahrring

Standort, Methodik, Zeit und Klima in der Dendrochronologie

Etwa 240 Seiten mit etwa 275 Abbildungen und 1000 Zeichnungen und Tabellen

Pappband etwa Fr. 95.–/DM 110.–

Der Autor legt die ganze Breite des Fachgebietes Dendrochronologie dar. Fachspezifische Fragen aus dem Bereich der Standortkunde, der Ökologie, Holzanatomie, Technik und Statistik kommen ebenso zur Sprache wie Fragen aus der Archäologie, Gletscherkunde, Vulkanologie, der Isotopenphysik und den Forst- und Umweltwissenschaften.

Christian Widmer

35 Holzmuster – Echantillons de bois

nach drei Hauptgruppen geordnet. Die Falttafel enthält die wichtigsten einheimischen und fremdländischen Handelshölzer in Naturholzmustern mit deutsch-französischen Legenden.

17. Auflage. Fr. 18.–/DM 21.–

VERLAG PAUL HAUPT BERN UND STUTTGART

ISBN 3-258-03166-5